

Sami Jauhiainen

**VUOHINIEMEN JÄTEVEDENPUHDISTAMON JÄLKIKÄSITTELYLAITOKSEN
VAIKUTUKSET VESISTÖÖN JOHDETTAVAN VEDEN LAATUUN**

**VUOHINIEMEN JÄTEVEDENPUHDISTAMON JÄLKIKÄSITTELYLAITOKSEN
VAIKUTUKSET VESISTÖÖN JOHDETTAVAN VEDEN LAATUUN**

Sami Jauhiainen
Opinnäytetyö
Kevät 2015
Talotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma, LVI-insinööri

Tekijä(t): Sami Jauhiainen

Opinnäytetyön nimi: Vuohiniemen jätevedenpuhdistamon jälkikäsittelylaitoksen vaikutukset vesistöön johdettavan veden laatuun

Työn ohjaaja(t): Matti Nieminen, Seppo Keskinen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2015 Sivumäärä: 144 + 4 liitettä

Yhdyskunta- ja teollisuusjätevesien määrän lisääntyminen kuormittaa entistä enemmän jäteveden puhdistusprosessia. Mikäli puhdistamo ei ole mitoitettu näin suurille vesimäärille, voi liiallinen kuormitus heikentää puhdistustuloksia. Tämän lisäksi puhdistamoille asetetut puhdistusvaatimukset tiukentuvat entisestään. Iisalmen Vuohiniemen jätevedenpuhdistamolla on ollut vaikeuksia saavuttaa tiukentuneet puhdistusvaatimukset, joten puhdistamolle lisättiin uusi jälkikäsittelylaitos tehostamaan kiintoaineen sekä fosforin poistoa. Puhdistamon ongelmana on ollut kiintoaineen karkaaminen jälkiselkeytyksestä puhdistetun veden mukana vesistöön. Tämän vuoksi myös puhdistetun veden kokonaisfosforipitoisuus on ylittänyt hyvin usein sille asetetun luparajan 0,4 mg/l. Korkeat kokonaisfosforipitoisuudet rehevöittävät vesistöjä.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia Vuohiniemen puhdistamon uuden jälkikäsittelylaitoksen vaikutukset vesistöön johdettavan veden laatuun. Jälkikäsittelylaitoksella tarkoitetaan perusprosessin flotaatiota, joka on nimensä mukaisesti flotaatioon perustuva puhdistusmenetelmä. Tutkimuksessa vertailtiin keskenään jälkiselkeytyksen jälkeisen veden ja perusprosessin flotaation jälkeisen veden liukoisen fosforin, kiintoaineen sekä sameuden mittaustuloksia. Kokonaisfosforin mittaustuloksia tarkasteltiin vesistöön johdetusta vedestä. Mittaustuloksia tutkittiin marraskuun 2013 ja joulukuun 2014 väliseltä ajalta.

Saatujen tutkimustulosten perusteella perusprosessin flotaation todettiin poistaneen pääsääntöisesti liukoista fosforia vedestä, mutta kiintoainetta flotaatio ei onnistunut poistamaan tutkimuksen aikana toivotulla tavalla. Kiintoaineen huonojen puhdistustulosten vuoksi kokonaisfosforipitoisuudet vesistöön johdetussa vedessä olivat edelleen säännöllisesti yli kokonaisfosforille asetetun luparajan 0,4 mg/l. Myös liukoista fosforia flotaatio saisi poistaa vieläkin tehokkaammin.

Asiasanat: Vuohiniemen jätevedenpuhdistamo, jälkikäsittelylaitos, kiintoaine, liukoinen fosfori, kokonaisfosfori, perusprosessin flotaatio, biosuodatetun veden flotaatio

ALKULAUSE

Haluan kiittää Iisalmen Veden Seppo Keskistä sekä Oulun ammattikorkeakoulun Matti Niemistä opinnäytetyöhöni saamastani tuesta sekä ohjauksesta. Kiitän myös Iisalmen veden Vilho Partasta mielenkiintoisesta opinnäytetyöaiheesta. Kiitokset Iisalmen Vuohiniemen jätevedenpuhdistamolla työskenteleville henkilöille, jotka ovat asiantuntemuksellaan tukeneet minua tämän työn alusta loppuun.

5.5.2015 Oulussa

Sami Jauhiainen

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
SANASTO	7
1 JOHDANTO	10
2 VIEMÄRILAITTEIDEN MITOITUSPERUSTEET	12
2.1 Kiinteistön viemärlaitteiston mitoittaminen	12
2.2 Kunnallistekninen viemärlaitteiston mitoittaminen	13
3 JÄTEVEDENKÄSITTELY	17
3.1 Jäteveden ominaisuudet	17
3.2 Jätevedenpuhdistamoiden prosessityypit	17
3.2.1 Mekaaniset prosessit	17
3.2.2 Kemiaalliset prosessit	18
3.2.3 Biologiset prosessit	18
3.2.4 Mekaanis-biologis-kemiaalliset prosessit	20
4 VUOHINIEMEN JÄTEVEDENPUHDISTAMO	21
4.1 Puhdistamolle tulevien jätevesien kuormitus	21
4.2 Puhdistamon mitoitusvirtaama nykyisille jätevesille	22
4.3 Yhdyskuntajätevesien laatu	23
4.4 Panimojätevesien laatu	24
4.5 Vaadittu puhdistustulos	25
4.6 Vuohiniemen jätevedenpuhdistamon perusprosessi	26
4.7 Panimojätevesien esikäsittely	32
5 VUOHINIEMEN PUHDISTAMON FLOTAATIOLAITOS	37
5.1 Jälkikäsittelylaitoksen puhdistustavoitteet	38
5.2 Yleistietoa flotaatiosta	39
5.3 Biosuodatetun veden jälkikäsittely	40
5.3.1 Biosuodatetun veden laatu	40
5.3.2 Biosuodatetun veden flotaatio	42
5.4 Perusprosessin flotaatio	46

6 VUOHINIEMEN PUHDISTAMON LIETEPROSESSI	53
7 JÄLKIKÄSITTELYLAITOKSEN TUTKIMUSTULOKSET	55
7.1 Jälikäsittelylaitoksen vaikutukset vesistöön johdettavan veden laatuun	55
7.2 Yhteenveto jälikäsittelylaitoksen puhdistustuloksista	113
7.3 Puhdistustuloksiin vaikuttaneita tekijöitä	120
7.4 Kemikaalien käytön optimointi	129
7.5 Jälikäsittelylaitoksen ajotavat eri kuormitustilanteissa	130
7.6 Riskikartoitus ja poikkeamatilanteet	131
7.7 Jälikäsittelylaitoksen kokonaisvuosikustannus	132
7.8 Flotaatiolaitteiden käytön tarpeellisuusselvitys	136
8 LOPPUSANAT	139
LÄHTEET	143

LIITTEET

Liite 1 Lähtötietomuistio

Liite 2 Flotaatiolaitoksen ensimmäisen kerroksen pohjapiirros

Liite 3 Flotaatiolaitoksen pohjakerroksen pohjapiirros

Liite 4 Jälikäsittelylaitoksen PI-kaavio

SANASTO

BOD (BHK)	Biokemiallinen hapenkulutus, joka mittaa jäteveden sisältämien biologisesti hajoavien aineiden määrää. Hajotuksen tekevät mikro-organismit eli mikrobit. Mikrobien kuluttama happi mitataan joko viiden vuorokauden (BOD_5) tai seitsemän vuorokauden (BOD_7) ajalta 20 °C:n lämpötilassa. (Veden käsittelyn käsikirja 1991, 3.)
Dispersiovesi	Mikroilmakuplilla kyllästettyä vettä (Keskinen 2014).
Flotaatio	Flotaatio on selkeytysmenetelmä, jolla voidaan tehostaa jätevedenpuhdistusprosessia (Rytönen 2014).
Fosfori P	Esiintyy jätevedessä osittain kiintoaineisiin sitoutuneena orgaanisena fosforina ja osittain liukoissa muodossa olevana epäorgaanisena fosforina polyfosfaattien ja ortofosfaattien muodossa. Biologisessa puhdistusprosessissa fosfori hydrolysoituu ortofosfaatiksi, jolloin kasvien on helpointa sitoa fosforia. (Veden käsittelyn käsikirja 1991, 4.)
Kokonaisfosfori	jätevedessä olevaan kiintoaineeseen sitoutuneen fosforin sekä liukoisen fosforin summa (Rytönen 2014).

Kiintoainepitoisuus SS	Jätevedessä tai lietteessä olevan kiintoaineen määrä (Veden käsittelyn käsikirja 1991, 5).
Liukoinen fosfori	Jätevedessä liukoisessa muodossa oleva fosfori. (Rytkönen 2014.)
Mikrobi	Yleisnimitys mikroskooppisen pienille eliöille, joita ei voi nähdä paljain silmin (Mikrobi. 2014).
Pintalietelaahain	Laahain, joka poistaa esimerkiksi flotaatioaltaan pinnalle noussutta kiintoainetta (Keskinen 2014).
Polymeeri	Kemikaali, jonka avulla puhdistettavan veden pienet kiintoainepartikkelit saadaan muodostamaan isompia kiintoainepartikkeleita (Keskinen 2014).
Pohjalietelaahain	Laahain, joka poistaa esimerkiksi flotaatioaltaan pohjalle laskeutunutta kiintoainetta (Keskinen 2014).
Reduktio	Reduktio kertoo jätevedenpuhdistusprosessissa poistuneen epäpuhtauden määrän suhteessa puhdistusprosessiin tulleen epäpuhtauden määrään (Rytkönen 2014).
Saostuskemikaali	Puhdistettavaan veteen syötettävää kemikaalia, jonka tehtävänä on sitoa kiintoainet-

	ta vedestä sekä saostaa fosforia (Keskinen 2014).
Saostuskemikaali Kemira PAX	Nestemäisessä muodossa oleva polyalumiinikloridi-saostuskemikaali (Kemira, toimialat- sovellukset -> sivut -> polyalumiinikloridi).
Saostuskemikaali Kemira PIX	Nestemäisessä muodossa oleva kolmiarvoiseen rautaan pohjautuva ferrisulfaattisaostuskemikaali. (Kemira, toimialat- sovellukset -> sivut -> ferrisulfaatti.)
Typpi N	Jätevedessä oleva typpi esiintyy sekä orgaanisesti sidottuna että epäorgaanisena ammoniumin, nitriitin ja nitraatin muodossa. Nämä yhdessä muodostavat kokonaistyyppipitoisuuden. (Veden käsittelyn käsikirja 1991, 5.)
Sameus FNU	Sameusmittarin antama sameusarvo vedelle (Keskinen 2014).

1 JOHDANTO

Kun jätevedenpuhdistamoille tulevien yhdyskunta- ja teollisuusjätevesien määrä lisääntyy ja puhdistusprosessin kuormitus kasvaa, voivat vanhan, pienemmille vesimäärille mitoitettujen laitosten puhdistustulokset heikentyä. Tämän lisäksi puhdistamoille asetettuja puhdistusvaatimuksia tiukennetaan entisestään. Tässä tilanteessa joudutaan miettimään, millaisilla toimenpiteillä ongelmiin ajautunut laitos pysyisi puhdistustuloksissaan lupa-arvojen sallituissa rajoissa. Mahdollisia toimenpiteitä ovat esimerkiksi laitoksen laajentaminen tai prosessin muokkaaminen suurempaa kuormitusta kestäväksi. Yksi yleinen tapa parantaa vanhan puhdistamon puhdistustuloksia on lisätä jälkikäsittely vanhaan prosessiin saneerauksen yhteydessä.

Jälkikäsittely lisättiin myös Iisalmen Vuohiniemen jätevedenpuhdistamolle tehostamaan kiintoaineen sekä fosforin poistoa. Puhdistamon ongelmana on ollut kiintoaineen karkaaminen vesistöön jälkiselkeytysaltaasta puhdistetun veden mukana. Tämän vuoksi myös puhdistetun veden kokonaisfosforipitoisuudet ovat ylittäneet hyvin usein kokonaisfosforille asetetun luparajan 0,4 mg/l. Korkeat kokonaisfosforipitoisuudet rehevöittävät vesistöjä.

Jälkikäsittelyllä tarkoitetaan uutta jälkikäsittelylaitosta, jossa jälkiselkeytyksestä tulevan veden laatua parannetaan perusprosessin flotaatiolla. Perusprosessin tehostamisen lisäksi myös puhdistamolle tulevien panimojätevesien esikäsittelyä päätettiin tehostaa uudella puhdistusvaiheella, jota puolestaan kutsutaan biosuodatetun veden flotaatioksi. Esikäsittelyn jälkeen panimojätevedet johdetaan yhdyskuntajätevesien joukkoon puhdistamon perusprosessiin.

Molemmat prosessit toteutettiin siis flotaatioon perustuvalla menetelmällä, jossa kiintoaine flokkuloidaan isommiksi partikkeleiksi, jotka poistetaan vedestä mikroilmakuplien avulla. Yhdessä nämä kaksi uutta flotaatioprosessia muodostavat ”uuden flotaatiolaitoksen”.

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan jälkikäsittelylaitoksen eli perusprosessin flotaation vaikutuksia puhdistamolta vesistöön johdettavan veden laatuun ja määrittään saatujen tutkimustulosten perusteella jälkikäsittelyprosessin ajotapojen oikeaoppinen käyttö. Lisäksi selvitetään erillisten flotaatiolaitteistojen rinnakkaiskäytön tarpeellisuus ja ratkaistaan niiden käyttöasteet. Työssä tutustutaan myös Vuohiniemen puhdistamon perusprosessiin sekä puhdistusprosesseihin yleisesti ja perehdytään vielä viemärilaitteistojen mitoitusperusteisiin. Opinnäytetyön tilaajana toimi Iisalmen vesi.

2 VIEMÄRILAITTEIDEN MITOITUSPERUSTEET

2.1 Kiinteistön viemärlaitteiston mitoittaminen

Johdettaessa jätevesiä vesihuoltolaitoksen viemäriin viemärlaitteisto mitoite-
taan siten, että viemäripisteet pystyvät viemäroimään 1,5-kertaisesti niihin joh-
detut vesipisteiden virtaamat. Jokaisella viemäripisteellä on oma normivirtaa-
mansa. Viemärit eivät myöskään saa tukkeutua eikä niihin saa kertyä lietettä,
kun niihin johdetaan käyttötarkoituksen mukaisia jätevesiä. Haitalliset paineen-
vaihtelut viemärlaitteistoissa eivät ole sallittuja (enintään +/- 400 Pa). (D1
(2007). 2007, 46–47.)

Viemäripisteiden todennäköinen samanaikaisuus niiden käytössä huomioidaan
viemäreiden mitoittamisessa. Viemäripisteiden samanaikainen käyttö on epäto-
dennäköistä, joten suurin todennäköinen virtaama on pienempi kuin viemäriin
liitettyjen normivirtaamien yhteen laskettu virtaama. Suurimmalla todennäköisel-
lä virtaamalla tarkoitetaan viemäriin mitoitusvirtaamaa. (D1 (2007). 2007, 46–
47.)

Viettoviemäriin tuuletustarve otetaan huomioon siten, että mitoitusvirtaamalla
laskettuna viemäri on vain osittain täynnä. Tuuletettujen vaakaviemärien täyt-
tösuhde mitoituksessa on 0,5, mikä saadaan jakamalla vedenpinnan korkeus
putken sisähalkaisijalla. Tuuletetun pystyviemäriin täyttösuhde on puolestaan
0,2, mikä on veden täyttämä osuus suhteessa putken virtausaukon poikkileik-
kausalaan. (D1 (2007). 2007, 46–47.)

Viemärijärjestelmä suunnitellaan viettoviemäriksi. Viemäripisteet, jotka sijaitse-
vat padotuskorkeuden alapuolella, viemäroidään kiinteistökohtaiseen jäteveden
pumppaamoon. Padotuskorkeudella tarkoitetaan tasokorkeutta, joka määritel-
lään lisäämällä 1000 mm viemäriin laen tasokorkeuteen tonttiviläin liittymis-
kohdassa. Tätä padotuskorkeutta käytetään, ellei vesihuoltolaitos ole sopimuk-
sessa toisin määrännyt. Jätevedenpumppaamon paineviemärit sekä ali-

paineviemärit mitoitetaan virtauslaskelmien perusteella. (D1 (2007). 2007, 46–47.)

2.2 Kunnallistekninen viemärlaitteiston mitoittaminen

Kunnallisen viemäriverkon jätevedet koostuvat asutuksen ja palvelutoiminnan jätevesistä sekä mahdollisista teollisuuden tuottamista jätevesistä. Kaikki asutuksen ja palvelutoimintojen käyttämä vesi päätyy viemäriin, mutta teollisuuden jätevesimäärää laskettaessa on huomioitava yleiseen viemäriin lasketun veden osuus sekä mahdolliset normaalia suuremmat kulutusvaihtelut teollisuusjätevesissä. Tämän lisäksi on otettava huomioon prosessiteknologiassa mahdolliset tulevaisuudessa tapahtuvat muutokset, jotka vaikuttavat teollisuuden tuottamien jätevesien määrään. Viemärin mitoittaminen aloitetaan laskemalla viemärin mitoituksessa käytettävä jätevesivirtaama. (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu 2010, 45–46.) Teollisuuden veden käytön sisältyessä ominaiskulutukseen lasketaan jätevesivirtaama kaavan 1 mukaisesti. (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu 2010, 46–47.)

$$Q_{jmit.} = (C_{dmax} * C_{hmax} * P * Q_{ominaisk}) / 3600 * 24 \quad \text{KAAVA 1}$$

Q_{jmit} = mitoituksessa käytettävä jätevesivirtaama (l/s)

P = viemärintialueen asukasmäärä

$Q_{ominaisk}$ = ominaiskäyttö (l/as/d)

C_{dmax} = suurin vuorokausikäyttökerroin

C_{hmax} = suurin tuntikäyttökerroin

Veden ominaiskäyttö ($Q_{ominaisk}$) sekä käyttökertoimet (C_{dmax} ja C_{hmax}) määritellään Vesihuoltoverkkojen suunnittelu 2010- mitoitus ja suunnittelu -kirjan ohjeiden mukaisesti. Viemärin minimikaltevuus voidaan määrittää myös viemärin huuhtoutumisen perusteella (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu 2010, 47). Kaavalla 2 voidaan laskea jätevesivirtaama, kun viemäriin liittyneiden määrä on yli 3000 asukasta. (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu 2010, 47.)

$$Q_{jhuuht.} = (C_{dmin} * C_{hmax} * P * Q_{ominaisk}) / 3600 * 24 \quad \text{KAAVA 2}$$

C_{dmin} = pienin vuorokausikäyttökerroin

$Q_{jhuuht.}$ = mitoitusvirtaama määritettäessä viemärin minimikaltevuus viemärin huuhtoutumisen perusteella (l/s)

Viemäriin liittyneiden määrän ollessa 100 ja 3000 asukkaan välillä lasketaan jätevesivirtaama kaavan 3 mukaisesti (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu 2010, 47).

$$Q_{jhuuht.} = \frac{0,7 * (1 + \frac{25}{\sqrt{P}})}{3600 * 24} \quad \text{KAAVA 3}$$

Jätevesiviemäreiden mitoituksessa on otettava huomioon jätevesivirtaamien lisäksi vuotovedet, koska myös erillisviemäroidyissä järjestelmissä esiintyy runsaasti vuotovesiä. Vuotovesien määrään vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa viemärin kunto, ikä, putkiliitosten materiaali ja tyyppi sekä rakennustyön suoritustapa. Pohjaveden pinnankorkeus vaikuttaa myös viemäreiden vuotovesien määrään. Pohjaveden pinnankorkeuden ollessa viemäriputkitason yläpuolella vuodoista johtuvat virtaamat ovat suuria. Vastaavasti pohjaveden pinnan korkeuden ollessa viemärin alapuolella vuotovirtaamat ovat pienempiä. Vuodot ovat vähäisimpiä pakkasjaksojen aikana. (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu 2010, 47–48.)

Vuotovesiä voi päätyä viemäriin pohjavesien lisäksi myös pintavaluntana kaivojen yläosista ja pintakerrosvaluntana vajovesivyöhykkeestä. Sade- ja sulamisvesien myötä pinta- ja pintakerrosvalunnan vuodot lisääntyvät nopeasti. Vuotovesien määrää voidaan arvioida tietyssä prosenttilisänä jätevesimääriin tai viemäripituuden perusteella. Viemäriverkon vuotovesien ilmoittamisen yleisin tapa on käyttää yksikköä l/s johtokilometriä kohti. Johtokilometriä kohti käytetty suositusarvo on 0,3...0,6 l/s, joka vastaa 25...50 l/m/d. Mitoitusarvo tulisi perustaa kuitenkin kyseisessä kohteessa havaittuihin vuotovesimääriin ja huomioon täy-

tyisi ottaa myös mahdolliset saneeraustoimenpiteet. (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu 2010, 48.)

Jätevesiviemäri mitoitetaan sen teknisen käyttöiän ajalle johtamaan suurin tuntivirtaama ja tämän lisäksi viemäriin on oltava huuhtoutuva. Mahdollisten kuivatusvesien johtaminen jätevesiviemäriin täytyy ottaa huomioon mitoituksessa (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu 2010, 48.)

Jätevesiviemäriin mitoitusvirtaama (Q_{vmit}) lasketaan kaavan 4 mukaan silloin, kun jätevesiviemäriin ei johdeta kuivatusvesiä (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu 2010, 48).

$$Q_{vmit} = Q_{jmit} + Q_{pmit}$$

KAAVA 4

Q_{jmit} = mitoittava jätevesimäärä (katso kaava 1)

Q_{pmit} = mitoittava vuotovesimäärä

Jätevesiviemäriin teknisenä käyttöikänä voidaan pitää 50...100 vuotta, jos tarkempaa tietoa viemäriin eliniästä ei ole saatavilla. Viemäri mitoitetaan suurimman tuntivirtaaman mukaan, mikä 20- 40 vuoden aikana esiintyy. Viemäreiden mitoitussehtoja ovat muun muassa viemäriin riittävä halkaisija mitoitusvesimäärän johtamiseen, minimikaltevuus huuhtoutumisen varmistamiseksi, eri putkimateriaalien asettamat vaatimukset sekä viemärointitavan vaikutus. (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu 2010, 49.)

Viettoviemäriin putkikoon mitoittaminen aloitetaan laskemalla viemäriin mitoitusvirtaama edellä mainittujen ohjeiden mukaisesti. Mitoitusvirtaaman perusteella määritetään viemäriin kaltevuus sekä putkikoko Vesihuoltoverkkojen suunnittelu 2010- mitoitus ja suunnittelu -kirjan liitteiden 1 ja 2 nomogrammien avulla. Alustavaksi johtokooksi valitaan saatua teoreettista johtokokoa lähimpänä oleva suurempi johtokoko. Viimeiseksi tarkastetaan viemäriin huuhtoutuminen. (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu 2010, 49–50.) Huuhtoutuminen voidaan tarkistaa kaavalla 5 (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu 2010, 50).

$$T = \gamma * g * I * R$$

KAAVA 5

T = hankausjännitys, N/m²

γ = veden tiheys, 1000 kg/m³

g = 9,81 m/s²

I = putken kaltevuus m/m

R = hydraulinen säde, m

R = A/p , m

A = putken vesipoikkileikkauspinta- ala, m²

p = märkäpiiri, m

Jätevesiviemäreiden huuhtoutuminen on riittävä, mikäli hankausjännitys (T) on kaavoilla 1–3 lasketuilla virtaamilla yli 1,5 N/ m². Viemäri ei ole todennäköisesti tarpeeksi huuhtoutuva, jos hankausjännitys on alle 1,0 N/ m². (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu 2010, 50.)

3 JÄTEVEDENKÄSITTELY

Järvien ja jokien lisääntyvä saastuminen 1900-luvun alussa toi esille kysymyksen asutus- ja teollisuusjätevesien puhdistamisesta. Vuosi vuodelta kasvava käyttöveden tarve lisää väistämättömästi myös vesistöihin purkautuvan jäteveden määrää. Vesistöille on luonteenomaista itsepuhdistuskyky, eli vesistöt pystyvät hävittämään tai muuttamaan tietyn määrän biologisesti hapettuvia aineita harmittomiksi, mutta vain tiettyyn pisteeseen asti. Vesistöjen ylikuormittaminen aiheuttaa pitkäaikaisen häiriötilan, joka on hankalasti korjattavissa. Tämän vuoksi jätevesien oikeaoppinen puhdistaminen on tärkeää. (Vesikirja 1988, 215.)

3.1 Jäteveden ominaisuudet

Jätevedessä olevat epäpuhtaudet voidaan jakaa kokonsa perusteella liukoisiin, kolloidisiin ja suspendoituneisiin. Näistä ensimmäiset ovat kooltaan pienimpiä ja jälkimmäiset suurimpia. Epäpuhtaudet voidaan myös jakaa orgaanisiin ja epäorgaanisiin ainesosiin. Orgaaniset epäpuhtaudet jakaantuvat normaalisti tasaisesti liukoisiin, kolloidisiin ja suspendoituneisiin. Epäorgaaninen aines on puolestaan pääasiassa liukoisessa muodossa. (Vedenkäsittelyn käsikirja 1991, 1.)

Orgaanisia epäpuhtauksia ovat esimerkiksi hiilihydraatit, proteiinit ja erilaiset rasvahapot. Epäorgaaniset epäpuhtaudet puolestaan koostuvat lähes kokonaan liukoista suoloista. Puhdistusprosessit keskittyvät poistamaan muun muassa fosforia, typpeä ja raskasmetalleja. (Vedenkäsittelyn käsikirja 1991, 1, 2, 4.)

3.2 Jätevedenpuhdistamoiden prosessityypit

3.2.1 Mekaaniset prosessit

Mekaanisissa yksikköprosesseissa jätevedestä poistetaan karkeimmat partikkelit, kuten ruoantähteet, muovi- ja kumiesineet sekä hiekka ja muut raskaat hiukaset. Mekaaninen puhdistusprosessi ei yksinään riitä saavuttamaan vaadittuja puhdistustuloksia, joten pelkkään mekaaniseen jätevedenpuhdistukseen perus-

tuvia prosesseja ei ole Suomessa käytössä. Mekaanisen prosessin puhdistusvaiheita ovat esimerkiksi välppäys, hiekanerotus ja selkeytys. (Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamot 2014, 42.)

3.2.2 Kemialliset prosessit

Kemiallisessa puhdistusprosessissa haitallinen liukoisessa muodossa oleva aine sidotaan kiinteään muotoon saostuskemikaalin lisäyksellä. Prosessissa syntynyt saostuma erotetaan jätevedestä laskeuttamalla. Tämä menetelmä on nimeltään kemiallinen saostus, joka on käytännössä ainoa Suomessa käytetty fosforinpoistomenetelmä. Lietteeseen fosforia sitoutuu myös biologisesti, mutta kokonaan biologisesti fosforia poistavia puhdistamoita Suomessa ei ole. Puhdistamoille asetettujen puhdistusvaatimusten saavuttamiseksi saostuskemikaalin käyttäminen on välttämätöntä. (Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamot 2014, 42–43.)

Kemikaaleja käytetään puhdistusprosesseissa fosforinpoiston lisäksi myös Ph:n säätöön, lietteen laskeutuvuus- ja kuivautuvuusominaisuuksien parantamiseen sekä puhdistamolta lähtevän veden hygienisointiin. Ph:ta voidaan säätää kalkin, lipeän, soodan tai rikkihapon avulla kohti prosessin toiminnan vaatimia olosuhteita. Veden oikea Ph:n taso edesauttaa kemikaaliannostuksen optimointia ja säätöä. Useita laatuja olevia polymeereja käytetään puhdistamokohtaisesti parantamaan lietteen ominaisuuksia. Lähtevää vettä voidaan hygienisoida klooriyhdisteillä, hapoilla tai otsonilla. (Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamot 2014, 42–43.)

3.2.3 Biologiset prosessit

Jäteveden sisältämien ravinteiden ja orgaanisen aineen määrää vähennetään mikrobitoiminnan avulla. Suomessa typen poisto perustuu biologiseen mikrobitoimintaan. Jätevedestä poistuu myös haitallisia aineita lietteeseen sitoutumalla tai hapettumalla. (Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamot 2014, 43–44.) Aktiivilieteprosessi on yleinen puhdistamoilla käytössä oleva puhdistusvaihe, missä mikrobit elävät vapaina lietteessä. Mikrobit voivat myös olla kiinnittyneinä epä-

orgaanisten- ja orgaanisten hiukkasten muodostamiin flokkeihin. Puhdistamoilla voi olla myös käytössä kantoaineprosesseja kuten biosuodin ja bioroottori. Näissä prosesseissa mikrobit ovat kiinnittyneinä kasvualustaan biofilminä. Kasvualustoja voivat olla esimerkiksi erilaiset kennostot tai muovin kappaleet. (Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamot 2014, 43–44.)

Jätevedenpuhdistamoilla hallitusti tapahtuva orgaanisen aineen poisto perustuu luonnon omiin hajotusprosesseihin. Mikrobit muodostavat biomassan mikrobi-toiminnassa. Kasvaessaan biomassa käyttää hengitykseensä happea ja ravintonaan jäteveden sisältämiä orgaanisia hiiliyhdisteitä. Hajotusprosessin lopputuotteena syntyy uusia soluja, hiilidioksidia ja vettä. Biologisen toiminnan aiheuttama hapenkulutus (BHK) kertoo orgaanisen aineen määrän jätevedessä. (Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamot 2014, 43–44.)

Biologisessa puhdistusprosessissa orgaanisen aineen määrää vähennetään suurimmilta osin anaerobisissa osissa. Anaerobisia osia ovat aktiivilieteprosessin ilmastusallas ja anaerobinen biosuodatin tai bioroottori. Orgaanista ainesta poistuu myös puhdistusprosessiin mahdollisesti kuuluvissa anoksisissa- ja anaerobisissa prosessivyöhykkeissä. Orgaaninen aines perustuu bakteerien kasvuun, joten orgaanisen aineksen poiston yhteydessä bakteerien solumassaan sitoutunutta fosforia ja typpeä poistuu myös jätevedestä ylijäämälietteen mukana.

Jätevedessä, joka on muodostunut ihmisperäisesti, typpi on aluksi sitoutuneena orgaanisiin yhdisteisiin. Typpi kuitenkin hajoaa hydrolyysin avulla ammoniummuotoon. Biologinen typenpoisto muuttuu tämän jälkeen kaksivaiheiseksi prosessiksi. (Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamot 2014, 43–44.)

Kaksivaiheinen prosessi perustuu nitrifikaatioon ja denitrifikaatioon. Ammoniummuodossa oleva typpi muuttuu nitriitin kautta nitraatiksi autotrofisten nitrifikaatiobakteereiden avulla. Ammoniumionit sekä happi ovat välttämättömiä nitrifikaatiobakteereiden kasvun kannalta. Tämän vuoksi nitrifikaatio tapahtuu ilmastetuissa altaissa, joissa bakteereille sopivan happipitoisuuden ylläpitäminen ta-

pahtuu. Nitrifikaatioon vaikuttavat ilmastusaltaan koko, eli ilmatilavuus, viipymä ilmastusaltaassa, happipitoisuus, prosessin lämpötila, Ph ja alkaliteetti sekä tulevan jäteveden hiili-typpisuhde ja nitrifikaatiota inhiboivat aineet. Tämä onkin yleensä jätevedenpuhdistusprosessin herkin ja hitain prosessi. Tämä oli kaksivaiheisen prosessin ensimmäinen vaihe, minkä tapahtuminen edellyttää jäteveden riittävää viipymää anaerobisessa prosessissa. (Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamot 2014, 43–44.)

Toinen typenpoistonvaihe käynnistyy heterotrofisten denitrifikaatiobakteereiden pelkistäessä ensimmäisessä vaiheessa syntyneen nitraatin typpikaasuksi. Typpikaasu poistuu ilmakehään. Denitrifikaatiobakteerit käyttävät hapettomissa olosuhteissa hapen lähteenä nitraatin sisältämää happea, joten prosessiin tarvitaan anoksinen allas. Denitrifikaatiobakteerit eivät pelkistä nitraattia hapellisissa oloissa. Ravinnoksi denitrifikaatiobakteerit käyttävät orgaanista ainesta. Orgaanista ainesta voidaan saada kolmella tavalla: mikrobien endogeenihengitystä hyödyntämällä, käsittelemättömässä jätevedessä olevaa orgaanista ainesta käyttämällä tai lisäämällä prosessiin orgaanista ainetta. Jäteveden orgaanisen aineen määrän ollessa poikkeuksellisen suuri voidaan saavuttaa yli 90 %:n typenpoistoreduktio aktiivilieteprosessin denitrifikaatiovaiheen jälkeen. (Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamot 2014, 43–44.)

3.2.4 Mekaanis-biologis-kemialliset prosessit

Luvuissa 3.2.1–3.2.3 mainittujen puhdistusprosessien yhdistelmää kutsutaan mekaanis-biologis-kemialliseksi puhdistusprosessiksi, joka on käytössä useimilla jätevedenpuhdistamoilla. Puhdistusprosesseista saadaan useita erilaisia variaatioita yksikköprosessien tasolla tarkasteltuna. Selkeytysaltaiden muodot, biologisen puhdistuksen ratkaisut, allasjärjestelyt sekä lietekierto vaikuttavat jätevedenpuhdistusprosessin lopulliseen muotoon. (Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamot 2014, 45.)

4 VUOHINIEMEN JÄTEVEDENPUHDISTAMO

Iisalmen Vuohiniemen jätevedenpuhdistamo sijaitsee Poroveden rannalla, noin kilometrin päässä kaupungin keskustasta. Vuohiniemen jätevedenpuhdistamolla käsitellään yhteensä noin 23 000 asukkaan jätevedet, jotka koostuvat Iisalmen kaupungin sekä Vieremän ja Sonkajärven kirkonkylien alueelta. Yhdyskuntajätevesien lisäksi puhdistamolle johdetaan panimojätevesiä, joille on rakennettu oma 2000 m³:n tasausallas. Vuonna 2010 Vuohiniemen jätevedenpuhdistamolla käsiteltiin yhdyskunta- ja panimojätevesiä keskimäärin 5009 m³/d, joista panimojätevesien osuus oli noin 22 prosenttia. Puhdistamolla käsitellään myös haja-asutuskiinteistöjen talousjätevesilietettä ja -vesiä. Vuonna 2010 puhdistamolle otettiin vastaan haja-asutusalueiden lietteitä noin 5134 m³/a. (Iisalmen jätevedenpuhdistamon kehittämissuunnitelma 2012.)

Vuohiniemen jätevedenpuhdistamon toimintaa tehostettiin uudella jälkikäsittelylaitoksella, joka valmistui syksyllä 2013. Jälkikäsittelylaitoksella parannetaan puhdistamon perusprosessista tulevan veden laatua. Myös puhdistamolle tulevien panimojätevesien esikäsittelyä tehostettiin uudella puhdistusvaiheella. Vuohiniemen jätevedenpuhdistamo on biologis-kemiallinen puhdistamo. (Iisalmen jätevedenpuhdistamon kehittämissuunnitelma 2012; Keskinen 2014.)

4.1 Puhdistamolle tulevien jätevesien kuormitus

Viemäröinnin piirissä olevan asukasmäärän ennustetaan kasvavan hieman vuoteen 2040 asti. Alueen väestökehitys on aleneva, mutta liittymisasteen kasvassa asumajätevesien määrän arvioidaan hieman kasvavan. Paikallisen panimon jätevesimäärän on ennustettu pysyttelevän nykyisellä tasollaan vuoteen 2040 asti. Panimon jätevesimäärissä voi kuitenkin tapahtua merkittäviä muutoksia lyhyessäkin ajassa. Keskimääräisen jätevesivirtaaman ennustetaan nousevan tasolle 5 600 m³/d vuoteen 2040 mennessä. Keskimääräisen jätevesimäärän ennustetaan jäävän reilusti alle puhdistamon mitoitusarvon 8100 m³/d, joka on määritetty edellisen laajennusvaiheen yhteydessä. (Iisalmen jätevedenpuhdistamon kehittämissuunnitelma 2012.)

Kuormitusennuste pohjautuu Iisalmen vesihuollon kehittämissuunnitelman mukaiseen jätevedenpuhdistamon kuormitusennusteeseen. Maksimivuorokausivirtaamat voivat keväisin olla yli kaksi kertaa keskimääräistä suurempia. Nykyistä mitoitusta suurempia virtaamia on esiintynyt viime vuosina keskimäärin 17 päivänä vuodessa ylityksien ollessa noin 1 % vuosivirtaamasta. (Iisalmen jätevedenpuhdistamon kehittämissuunnitelma 2012.) Taulukossa 1 on esitetty Iisalmen jätevedenpuhdistamon virtaamaennusteet vuoteen 2040. Ennusteet ovat peräisin Iisalmen jätevedenpuhdistamon kehittämissuunnitelmasta 2012.

TAULUKKO 1. Iisalmen jätevedenpuhdistamon virtaamaennuste vuoteen 2040

JÄTEVESIHUOLTO	Yks.	2010	2020	2030	2040
Asukasmäärä	as.	22153	21706	21412	20953
Liittyjämäärä	as.	16830	17100	17300	17400
Liittyjämäärä osuuskunnat	as.	590	1300	1900	1900
Liittyjämäärä yhteensä	as.	17420	18400	19200	19300
Liittymisprosentti	%	79	85	90	92
Ominaisjätevedentuotto	l/as/d	122	125	125	125
Iisalmi	m ³ /d	2720	2900	3000	3020
Panimo	m ³ /d	800	800	800	800
Vieremä	m ³ /d	301	300	300	300
Sonkajärvi	m ³ /d	306	300	300	300
Hule- ja vuotovedet (Iisalmi)	m ³ /d	882	1200	1200	1200
Hulevesiprosentti	%	18	22	20	20
Jätevesimäärä Yhteensä	m ³ /d	5009	5500	5600	5620
Maksimi jätevesimäärä	m ³ /d	11270	12600	13000	13000
Sako- ja umpikaivolietteet	m ³ /d	14,1	15	15	15

4.2 Puhdistamon mitoitusvirtaama nykyisille jätevesille

Vuohiniemen puhdistamon mitoitustuntivirtaama ($q_{h,mit}$) on 400 m³/h. Tämä jätevesimäärä on voitava johtaa puhdistamon kaikkien prosessivaiheiden läpi hallitusti ja vaatimusten mukainen puhdistustulos on myös täytettävä. Vuohiniemen puhdistamolle johdetaan Iisalmen, Sonkajärven sekä Vieremän jätevedet. (Ii-

salmen jätevedenpuhdistamon kehittämissuunnitelma 2012.) Puhdistamon mitoitusvirtaama lasketaan kaavan 6 mukaisesti. (Iisalmen jätevedenpuhdistamon kehittämissuunnitelma 2012.)

$$q_{mit} = k_{mit} \times [(Q_A/T_A) + (Q_T/T_T) + (Q_V/24)] \quad \text{KAAVA 6}$$

k_{mit} = vuorokausivaihtelusta riippuva mitoitusvirtaamakerroin

($Q_{max}/Q_{kesk.} = 2,3 \Rightarrow k_{mit} = 1,3$)

Q_A = asumajätevedet m³/d

Q_T = teollisuusjätevedet m³/d

Q_V = vuoto- ja hulevedet m³/d

T_A = 18 h

T_T = 15 h

$$q_{mit} = 1,3 \times [(3620/18) + (800/15) + (1200/24)] = 395 \text{ m}^3/\text{h} = 400 \text{ m}^3/\text{h}$$

4.3 Yhdyskuntajätevesien laatu

Taulukossa 2 on esitetty yhdyskuntajätevesien ravinnekuormitusten ennuste vuoteen 2040. Yhdyskuntajätevesien BOD:n ominaiskuormitus on noin 70 g/as/d, fosforin noin 2,7 g/as/d, typen noin 16 g/as/d ja kiintoaineen noin 90 g/as/d. Kuormitusennusteiden ominaiskuormituksina on käytetty vuosien 2010 ja 2011 kuormitustietoja. Taulukon ravinnekuormitukset ovat peräisin Iisalmen jätevedenpuhdistamon kehittämissuunnitelmasta 2012.

TAULUKKO 2. Iisalmen jätevedenpuhdistamon yhdyskuntajätevesien ravinnekuormituksien ennuste vuoteen 2040

Ravinnekuormitus	Yks.	2010-2011	2020	2030	2040
BOD _{kesk} yhdyskunta	kg/d	1227	1300	1350	1360
BOD _{max} yhdyskunta	kg/d	2538	2500	2500	2500
Fosfori _{kesk} yhdyskunta	kg/d	48	51	53	53
Fosfori _{max} yhdyskunta	kg/d	69	73	76	76
Typpi _{kesk} yhdyskunta	kg/d	281	300	310	310
Typpi _{max} yhdyskunta	kg/d	348	370	380	390
Kiintoaine _{kesk} yhdyskunta	kg/d	1548	1640	1710	1720
Kiintoaine _{max} yhdyskunta	kg/d	2744	2900	3020	3040

4.4 Panimojätevesien laatu

Taulukossa 3 on esitetty puhdistamon perusprosessiin johdettavien panimojätevesien ravinnekuormituksien ennuste vuoteen 2040. Ennusteessa on oletettu, että panimon esikäsittely toimii suunnitellusti ja sen maksimi BOD-kuormitus on korkeintaan 2 000 kg/d. Ravinnekuormitukset ovat peräisin Iisalmen jätevedenpuhdistamon kehittämissuunnitelmasta 2012.

TAULUKKO 3. Iisalmen jätevedenpuhdistamon panimojätevesien ravinnekuormituksien ennuste vuoteen 2040

Ravinnekuormitus	Yks.	2010-2011	2020	2030	2040
BOD _{kesk} Panimo	kg/d	874	625	625	625
BOD _{max} Panimo	kg/d	5229	1350	1350	1350
Fosfori _{kesk} Panimo	kg/d	12	11	11	11
Fosfori _{max} Panimo	kg/d	23	70	70	70
Typpi _{kesk} Panimo	kg/d	63	40	40	40
Typpi _{max} Panimo	kg/d	167	100	100	100
Kiintoaine _{kesk} Panimo	kg/d	936	360	360	360
Kiintoaine _{max} Panimo	kg/d	1571	970	970	970

4.5 Vaadittu puhdistustulos

Iisalmen Vuohiniemen jätevedenpuhdistamolla on tällä hetkellä voimassa Itä-Suomen ympäristölupaviraston myöntämä ympäristölupa nro 36/09/2. Ympäristölupa on annettu 9.3.2007. (Iisalmen jätevedenpuhdistamon kehittämissuunnitelma 2012). Päätöksessä on annettu Vuohiniemen jätevedenpuhdistamolle taulukon 4 mukaiset puhdistusvaatimukset. Puhdistusvaatimukset ovat peräisin Iisalmen jätevedenpuhdistamon kehittämissuunnitelmasta 2012.

TAULUKKO 4. Vuohiniemen puhdistamolle annetut puhdistusvaatimukset

	PITOISUUS	KÄSITTELYTEHO
BOD ₇	< 10 mgO ₂ /l	> 95 %
KOKONAISFOSFORI P	< 0,4 mg/l	> 95 %
KOKONAISTYPPI N		> 70 % (T=12°C)

Kokonaisfosforin raja-arvo 0,4 mg/l astui voimaan vuoden 2011 alussa. Puhdistustulokset lasketaan kokonaistypen poistotehoa lukuun ottamatta neljännesvuosikeskiarvoina, mahdolliset ohijuoksutukset ja ylivuodot mukaan lukien. Kokonaistypen poistoteho tulee saavuttaa, kun jäteveden lämpötila laitoksen biologisessa prosessissa on vähintään 12 °C. Puhdistamoa on käytettävä ja hoidettava siten, että saavutetaan mahdollisimman hyvä ammoniumtypen hapetus-teho ympäri vuoden. (Iisalmen jätevedenpuhdistamon kehittämissuunnitelma 2012.)

Biologinen hapen kulutus BOD₇ tarkoittaa mikrobien kuluttamaa happea seitsemän vuorokauden ajalta 20 °C:n lämpötilassa. (Veden käsittelyn käsikirja 1991, 3.) Käsittelyteho tarkoittaa puhdistusprosessissa vedestä poistuneen epäpuhtauden määrää suhteessa puhdistusprosessiin tulevan epäpuhtauden määrään. Tässä opinnäytetyössä käsittelyteho voidaan korvata myös sanalla reduktio.

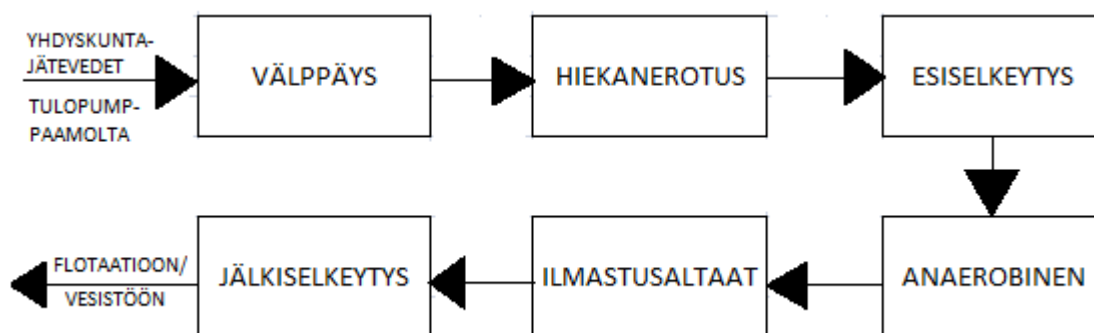
Vuohiniemen puhdistamon on täytettävä myös valtioneuvoston asetuksen 888/2006 mukaiset puhdistusvaatimukset, jotka on esitetty taulukossa 5. Puhdistusvaatimukset ovat peräisin Iisalmen jätevedenpuhdistamon kehittämissuunnitelmasta 2012. Jätevedet on käsiteltävä siten, että niistä ei aiheudu terveydellistä haittaa.

TAULUKKO 5. Vuohiniemen puhdistamolle annetut puhdistusvaatimukset

	PITOISUUS	KÄSITTELYTEHO
COD	< 125 mg/l	> 75 %
KIINTOAINE SS	< 35 mg/l	> 90 %

4.6 Vuohiniemen jätevedenpuhdistamon perusprosessi

Perusprosessilla tarkoitetaan puhdistamolle tulevien yhdyskuntajätevesien puhdistusprosessia, johon esikäsitellyt panimojätevedet yhtyvät tätä nykyä anaerobisen altaan kautta. Yhdyskuntajätevedet tulevat tulokaivon kautta tulopumppaamoon. Pumppaamosta jätevedet pumpataan kahdella pumppuparilla yhdyskuntajätevesien välipäälle, josta jäteveden puhdistusprosessi alkaa. (Keskinen 2014; Rytönen 2014; Hiltunen 2014.) Kuvassa 1 on esitetty Vuohiniemen jätevedenpuhdistamon perusprosessin lohkokaavio.



KUVA 1. Perusprosessin yksinkertaistettu lohkokaavio

Jätevedessä olevat karkeammat epäpuhtaudet erotetaan kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa jätevesi johdetaan yhdyskuntajätevesien porrasväljän läpi, missä erottuu yli kolme millimetriä olevat kiinteät ainesosat (kuva 2). Painavimmat ainesosat, kuten hiekka ja sora laskeutuvat hiekanerotuksen pohjalle (kuva 3). (Keskinen 2014; Rytkönen 2014; Hiltunen 2014.) Hiekanerotusaltaan tilavuus on 60 m³ ja viipymä mitoitusvirtaamalla 6–10 minuuttia (Iisalmen jätevedenpuhdistamon kehittämissuunnitelma 2012). Jätevedestä poistetut kiinteät ainesosat päätyvät jätelavan kautta kaatopaikalle. Jäteveden sekaan syötään mikrobeja heti väljän jälkeen. Mikrobien tehtävänä on vilkastuttaa biologisen puhdistusprosessin toimintaa. (Keskinen 2014; Rytkönen 2014; Hiltunen 2014.)



KUVA 2. Yhdyskuntajätevesien porrasvälppä Vuohiniemessä



KUVA 3. Yhdyskuntajätevesien hiekanerotusallas Vuohinimessä

Toisessa vaiheessa jätevedestä poistetaan raakaliete esiselkeytysaltaassa, jonka tilavuus on 770 m^3 ja pinta-ala 240 m^2 (kuva 4). Liette kerätään altaan pohjalle lietelaahaimien avulla. Jäteveteen syötetään nestemäisessä muodossa olevaa kolmiarvoiseen rautaan pohjautuvaa ferrisulfaatti- saostuskemikaalia ennen esiselkeytysallasta. Saostuskemikaalin tehtävä on sitoa kiintoainetta ja saostaa fosforia. Tämä saostuskemikaali on kaupalliselta nimeltään Kemira PIX-saostuskemikaali. Eroteltu raakaliete pumpataan sakeutukseen. Esiselkeytyksen viipymä mitoitusvirtaamalla on 1,4 tuntia. (Keskinen 2014; Rytönen 2014; Hiltunen 2014; Iisalmen jätevedenpuhdistamon kehittämissuunnitelma 2012.)



KUVA 4. Perusprosessin esiselkeytysallas Vuohiniemessä

Esiselkeytyksen jälkeen jätevesi siirtyy anaerobiseen altaaseen (kuva 5), jossa hämmentimet hämmentävät vettä. Anaerobisessa altaassa ei ole läsnä happea, joten jätevedessä tapahtuu anaerobista mikrobiologista hajotusta. Orgaaninen aines hapetetaan hiilidioksidiksi ja vedeksi samanaikaisesti, kun osa materiaalista pelkistetään metaanikaasuksi. Jätevesi jatkaa matkaa kohti ilmastusaltaita, joissa tapahtuu aktiivilieteprosessi. (Keskinen 2014; Rytönen 2014; Hiltunen 2014; Vedenkäsittelyn käsikirja 1991, 10.)



KUVA 5. Perusprosessin anaerobinen allas Vuohiniemessä

Ilmastusaltaisiin syötetään paineilmaa, jolloin mikrobit saavat happea ja näin ollen orgaaninen aines hapettuu hiilidioksidiksi ja vedeksi (kuva 6). Mikrobeja tarvitaan riittävä määrä, jotta hajoaminen olisi tarpeeksi nopeaa. (Vedenkäsittelyn käsikirja 1991, 11.) Ilmastusaltaiden jälkeen jätevedestä erotetaan jäljellä oleva liete jälkiselkeytysaltaissa (kuva 7). Osa altaiden pohjalle valuneesta liettestä pumpataan lietteen sekoitusaltaaseen ja osa palautetaan palautuslietteenä anaerobiseen altaaseen. Palautuslietteellä saadaan mikrobien määrä ilmastusaltaissa riittäväksi. Jälkiselkeytysaltaissa erotettu pintaliete pumpataan väljän ylivuotokanavaan. Lietettä ei siis varsinaisesti välpätä. Puhdistettu jätevesi johdetaan jälkiselkeytyksestä lähtökaivoon ja sitä kautta uudelle jälkikäsittelylaitokselle. Ennen uuden jälkikäsittelylaitoksen valmistumista puhdistettu jätevesi johdettiin suoraan lähtökaivosta yhdyskaivoon ja sitä myöten purkupumppaamoon. (Keskinen 2014; Rytönen 2014; Hiltunen 2014.)



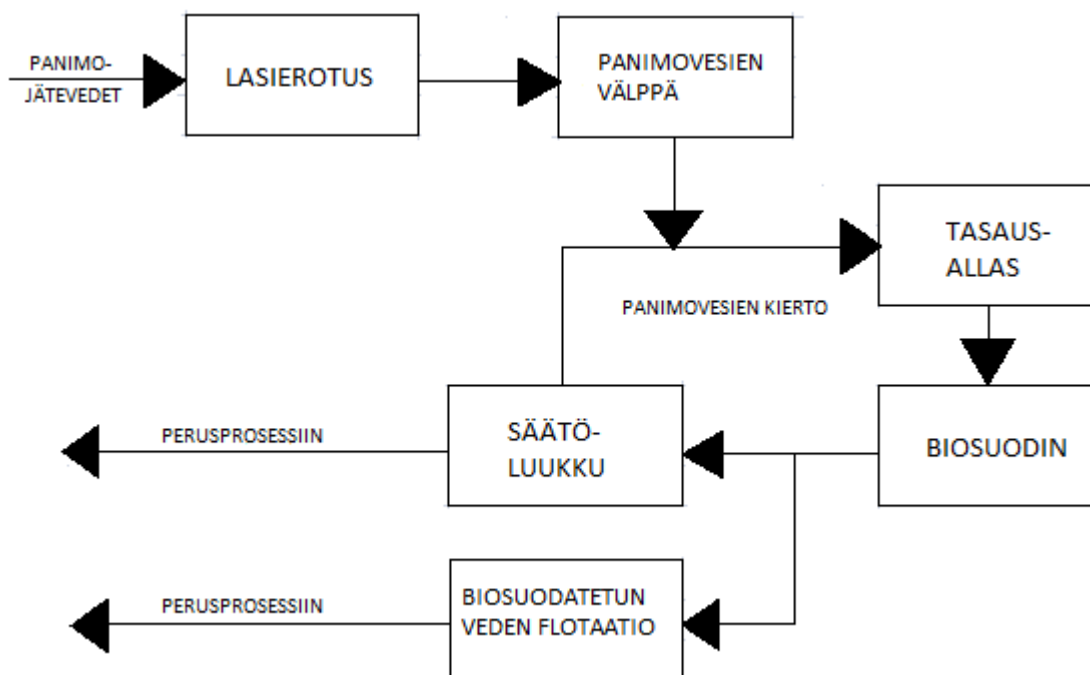
KUVA 6. Perusprosessin ilmastusaltaat Vuohiniemessä



KUVA 7. Perusprosessin jälkiselkeytysaltaat Vuohiniemessä

4.7 Panimojätevesien esikäsittely

Panimolta tulevia jätevesiä esikäsitellään ennen niiden laskemista puhdistamon perusprosessiin. Kuvassa 8 on esitetty panimojätevesien esikäsittelyn puhdistusprosessi.



KUVA 8. Panimojätevesien esikäsittely- ja kiertoprosessi

Panimolta Vuohiniemen jätevedenpuhdistamolle tulevat jätevedet ajetaan ensimmäisenä vaiheena lasin erotus -syklonin läpi, missä jätevedestä erotetaan pois lasin sirut, pullonkorit ja muut vastaavat partikkelit (kuva 9). Lasin erotukseen tuleva jätevesi pyörii syklonipöntössä, jolloin vedessä olevat painavammat partikkelit sinkoutuvat pöntön seinämien kautta pöntön pohjalla olevaan kartioon, josta erotellut partikkelit pumpataan hiekanerotukseen. Ennen lasin erotus-syklonin käyttöönottoa jätevedessä olevat lasinsirut kiilautuivat panimovesien porrasvälppän säleiden väliin. Lasinsirujen kiilautumisen vuoksi välppän toiminta häiriintyi. Tämän takia lasin erotus panimojätevesistä on tärkeää. (Keskinen 2014.)



KUVA 9. Panimojätevesien lasin erotus -sykloni

Lasin erotuksen jälkeen panimojätevedet välpätään omalla välpällä yhdyskuntajätevesien tapaan, eli jätevedestä erotetaan pois kiinteät ainesosat. Myös panimojätevesiin syötetään mikrobeja. Välppäyksen jälkeen jätevedet johdetaan panimovesien kiertoprosessiin. (Keskinen 2014.)

Kiertoprosessin ensimmäisenä vaiheena on panimojätevesien tasausallas (kuva 10), jossa panimovesien virtaamaa tasataan. Panimovesiä myös hapetetaan tasausaltaassa, koska jätevedessä olevat mikrobit tarvitsevat happea prosessin seuraavassa vaiheessa. Hapetus vähentää myös hajuhaittoja. (Keskinen 2014.)



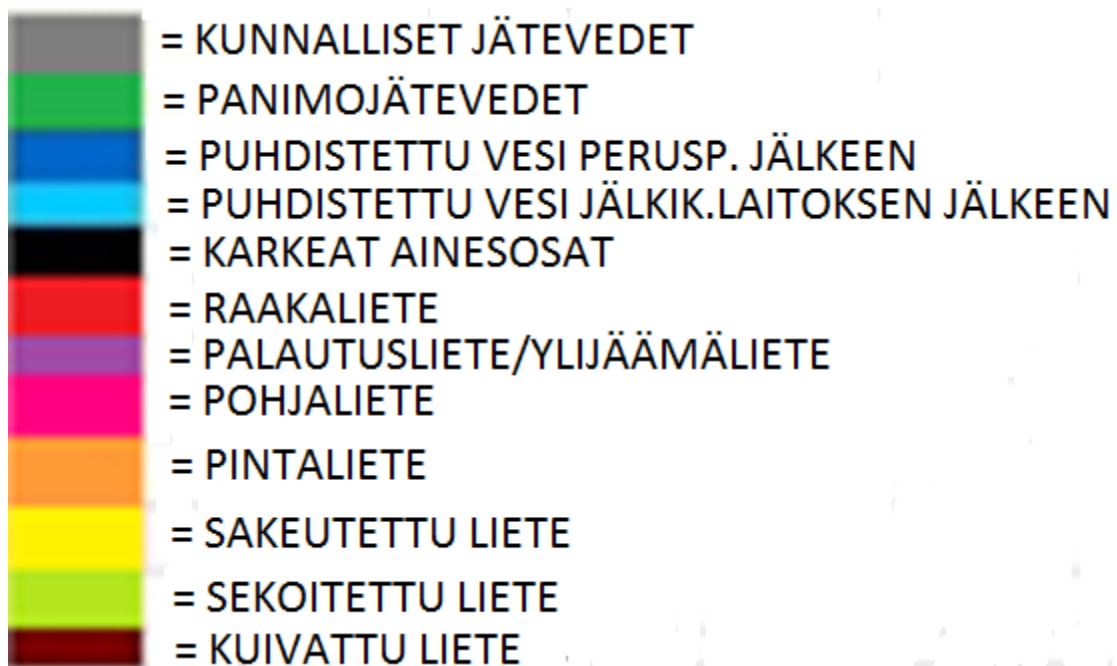
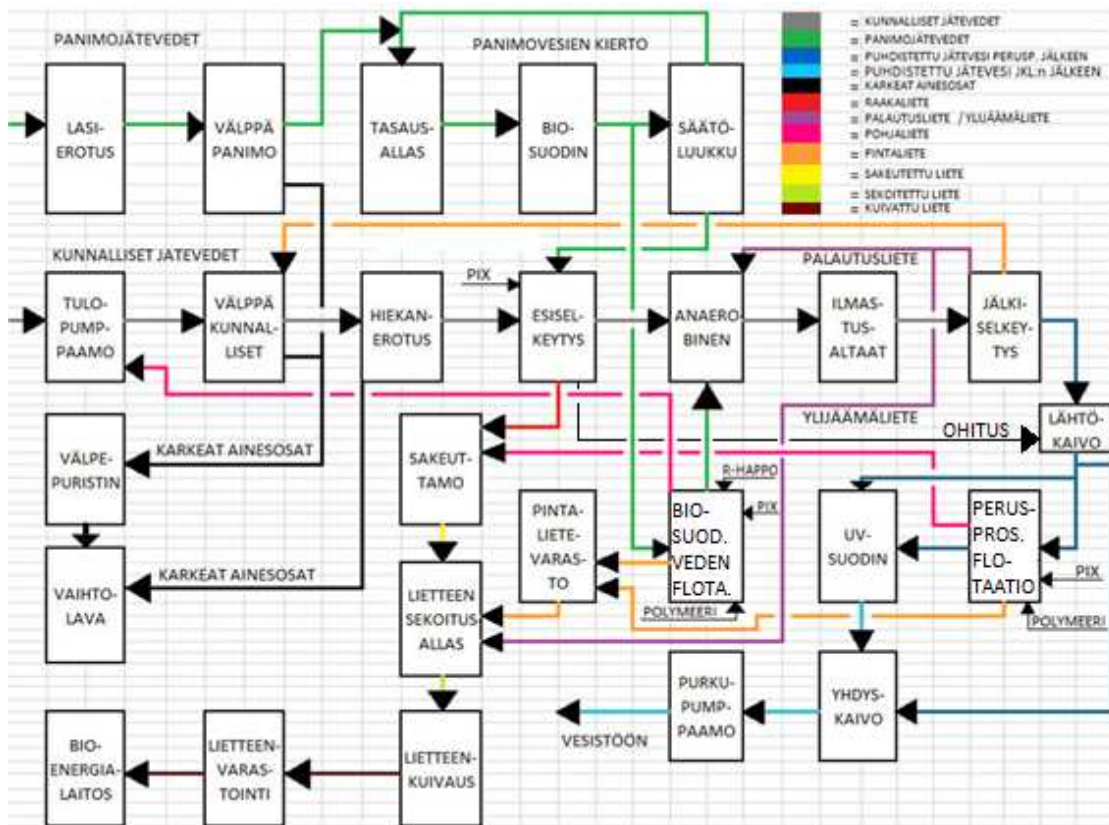
KUVA 10. Panimojätevesien tasausallas

Tasausaltaan jälkeen jätevedestä poistetaan orgaanisia aineita biosuodattimessa (kuva 11). Biosuodattimessa vesi valuu muovikennoston läpi. Kennoston pinnalle muodostuu mikrobikasvusto, joka käyttää ravinnokseen jätevedessä olevia orgaanisia epäpuhtauksia. Biosuodattimen erotusaste on noin 60 %, joten tässä puhdistusvaiheessa saadaan poistettua suurin osa panimojäteveden sisältämistä orgaanisista aineista. (Keskinen 2014.)



KUVA 11. Panimojätevesien biosuodatin (merkitty kuvaan punaisella tekstillä ja nuolella)

Biosuodattimen jälkeen jätevesi johdetaan takaisin tasausaltaaseen ja kierto jatkuu. Osa biosuodatetusta panimojätevedestä johdetaan biosuodattimen jälkeen uudelle flotaatilaitokselle biosuodatetun veden flotaatioon, josta esikäsitelty panimovesi johdetaan perusprosessiin anaerobisen altaan kautta. Ennen uuden laitoksen valmistumista biosuodatettu panimovesi johdettiin esiselkeytysaltaaseen, mihin on edelleen mahdollisuus tarpeen tullen. (Keskinen 2014.) Kuvassa 12 on esitetty Vuohiniemen jätevedenpuhdistamon prosessikaavio kokonaisuudessaan kesän 2014 muodossa.



KUVA 12. Vuohiniemen jätevedenpuhdistamon prosessikaavio kesällä 2014

5 VUOHINIEMEN PUHDISTAMON FLOTAATIOLAITOS

Vuohiniemen jätevedenpuhdistamon toimintaa päätettiin varmistaa tehostamalla kiintoaineen poistotehoa perusprosessin jälkikäsittelyllä. Puhdistamolla on ollut ongelmana se, että biologisen aktiivilieteprosessin liete ei laskeudu riittävästi vaan lietettä karkaa puhdistamolta lähtevän veden mukaan. Biologisen aktiivilieteprosessin kapasiteetti sinänsä riittää nykyisen orgaanisen kuorman käsitteelyyn ja jätevedenpuhdistukseen, mutta kevyen kiintoaineen poisto aiheuttaa ongelmia. Jälkikäsittelyllä puhdistamon kiintoaineen erotuskapasiteetti paranee merkittävästi ja sillä pystytään poistamaan paremmin kevyttä, huonosti laskeutuvaa kiintoainetta. (Iisalmen jätevedenpuhdistamon kehittämissuunnitelma 2012; Keskinen 2014.)

Jälkikäsittelyllä tarkoitetaan uutta jälkikäsittelylaitosta, jossa jälkiselkeytyksestä tulevan veden laatua parannetaan niin sanotulla perusprosessin flotaatiolla. Perusprosessin tehostamisen lisäksi myös puhdistamolle tulevien panimojätevesien esikäsittelyä päätettiin tehostaa uudella puhdistusvaiheella, jota puolestaan kutsutaan biosuodatetun veden flotaatioksi. Esikäsittelyn jälkeen panimovedet johdetaan yhdyskuntajätevesien joukkoon puhdistamon perusprosessiin. (Iisalmen jätevedenpuhdistamon kehittämissuunnitelma 2012; Keskinen 2014.)

Molemmat prosessit toteutettiin siis flotaatioon perustuvalla menetelmällä, jossa kiintoaine flokkuloidaan isommiksi partikkeleiksi, jotka poistetaan mikrokuplien avulla. Yhdessä nämä kaksi uutta flotaatioprosessia muodostavat ”uuden flotaatiolaitoksen”. (Iisalmen jätevedenpuhdistamon kehittämissuunnitelma 2012; Keskinen 2014.)

Perusprosessin flotaatioprosessi on suunniteltu siten, että käsiteltävä jätevesimäärä on maksimissaan $850 \text{ m}^3/\text{h}$ ja tällöin kiintoaineen kuormitus saa olla maksimissaan 176 mg/l . Flotaation mitoitusvirtaamalla $500 \text{ m}^3/\text{h}$ kiintoainepitoisuus puhdistettavassa vedessä saa olla korkeintaan 300 mg/l . Kiintoaineen maksimikuormitus on määritelty perusprosessin jälkiselkeytysaltaan näkösyvyyden perusteella siten, että näkösyvyys 20 cm vastaa kiintoainekuormaa 300

mg/l. Kokonaisfosforin maksimikuormitus flotaatioprosessiin on 10 mg/l. (lisälmen jätevedenpuhdistamon kehittämissuunnitelma 2012; Keskinen 2014.) Liitteessä 2 on esitetty flotaatiolaitoksen ensimmäisen kerroksen pohjapiirros ja liitteessä 3 flotaatiolaitoksen pohjakerroksen pohjapiirros. Liitteessä 4 on puolestaan esitetty jälkikäsittelylaitoksen PI-kaavio.

5.1 Jälkikäsittelylaitoksen puhdistustavoitteet

Taulukossa 6 on esitetty jälkikäsittelylaitoksen perusprosessin flotaatiolle suunniteltuja puhdistustavoitteita. Puhdistustavoitteet ovat peräisin Vuohiniemen jätevedenpuhdistamon jälkikäsittelyn KVR-yleissuunnitelmasta.

TAULUKKO 6. Jälkikäsittelylaitoksen puhdistustavoitteet

	PITOISUUS	REDUKTIO
Orgaaninen aines BOD ₇	< 10 mg/l	> 97 %
Kokonaisfosfori P	< 0,2 mg/l	> 97 %
Ammoniumtyppi NH ₄ -N	< 4,0 mg/l	> 90 %
Kokonaistyyppi N _{kok}	< 15 mg/l	> 70 %
Kiintoaine SS	< 10 mg/l	> 98 %

Reduktio eli reduktioprosentti muodostuu siten, että verrataan flotaation jälkeisen veden epäpuhtauden määrää flotaatioon tulevan veden epäpuhtauden määrään. Katsotaan siis, minkä verran flotaatio on poistanut kyseistä epäpuhtautta vedestä verrattuna siihen, kuinka paljon flotaatio olisi voinut poistaa epäpuhtautta vedestä. Reduktioprosentti kertoo siis flotaatioprosessin poistotehon suuruuden: mitä suurempi reduktio, sitä parempi poistoteho. Tässä työssä käsite reduktio voidaan korvata myös sanalla poistoprosentti, poistoreduktio tai käsittelyteho. Reduktio voi olla myös negatiivinen. Flotaatioprosessin kiintoaineen maksimikuormituksen 300 mg/l ylittyessä edellä mainittuja puhdistustavoitteita ei vaadita. (Rytkönen 2014; Keskinen 2014.)

KVR-yleissuunnitelmassa myös kerrotaan, että valtioneuvoston päätöksen mukaisesti (19.3.1998) asukasvastineluvultaan yli 10 000 asukkaan jätevedenpuhdistamoissa toteutetaan vähintään 50 %:n keskimääräinen typenpoisto.

5.2 Yleistietoa flotaatiosta

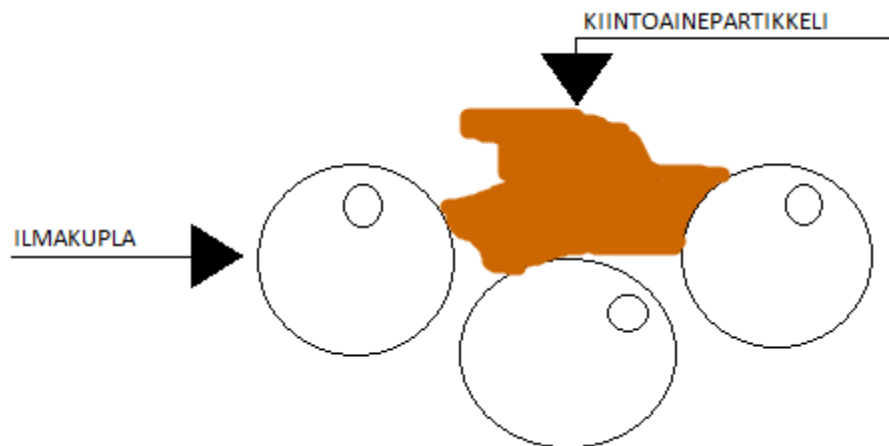
Flotaatio on selkeytysmenetelmä, jolla voidaan tehostaa jätevedenpuhdistusprosessia. Flotaation avulla vedestä erotetaan kiintoaineet sekä nestemäiset partikkelit. Virtaaman vaihtelut flotaatiossa eivät juurikaan vaikuta puhdistustulokseen, joten myös ohijuoksutusvesien käsittely on mahdollista. (Rytönen 2012, 10–11.)

Flotaatiomenetelmät voidaan jakaa joko kahteen tai kolmeen tyyppiin ajatteluvasta riippuen. Menetelmät voidaan jakaa esimerkiksi poistettavan partikkelin tiheyden mukaan kahteen tyyppiin: luonnolliseen- ja ilmaflotaatioon. Toinen vaihtoehto on jakaa flotaatiomenetelmät kolmeen tyyppiin: luonnolliseen, avustettuun ja aiheutettuun flotaatioon. Aiheutettu flotaatio ja ilmaflotaatio ovat käytännössä sama asia. (Hietanen 2012, 12.)

Luonnollisessa flotaatiossa erotettavan partikkelin tiheys on oltava riittävästi liuoksen tiheyttä pienempi, joten se soveltuu esimerkiksi öljyjen ja rasvojen erottamiseen vedestä. Avustetussa flotaatiossa yleensä puhalletaan ilmakuplia flotaatioaltaan pohjalle, jolloin luonnollisesti kelluvien partikkelien flotaatio paranee. Avustettu flotaatio on luonnollisen- ja ilmaflotaation välimuoto, ja se voidaan laskea osaksi luonnollista flotaatiota. Partikkelien tiheyden ollessa suurempi kuin liuoksen tiheys käytetään aiheutettua flotaatiota eli ilmaflotaatiota, jossa partikkelien tiheyttä lasketaan ilman ja kemikaalien avulla. Partikkelit ja ilmakuplat muodostavat yhdessä kevyen flokin, joka nousee altaan pinnalle. (Hietanen 2012, 12.)

Aiheutettu flotaatio voidaan jakaa kolmeen osaan, joista ensimmäinen on ilmaflotaatio, jossa veteen johdetaan normaalipaineista ilmaa. Toinen vaihtoehto on paineflotaatio, jossa veteen liuotetaan ilmaa. Näin syntyy niin sanottua dispersioveettä, joka johdetaan flotaatioon. Kolmas vaihtoehto on jäteveden alipaineis-

tukseen perustuva vakuumiflotaatio. (Hietanen 2012, 13.) Kuvassa 13 on esitetty ilmakuplien tarttuminen kiintoainepartikkeliin paineflotaatiossa.



KUVA 13. Ilmakuplien tarttuminen kiintoainepartikkeliin

5.3 Biosuodatetun veden jälkikäsittely

Ennen puhdistamon perusprosessiin laskemista biosuodatettu panimojätevesi jälkikäsitellään biosuodatetun veden flotaatioprosessissa. Flotaation tarkoituksena on vähentää puhdistamon perusprosessin kuormitusta. Perusprosessin liika kuormitus vaikuttaa negatiivisesti jälkiselkeytyksestä lähtevän veden laatuun. Jälkiselkeytyksestä perusprosessin flotaatioon menevän veden heikko laatu puolestaan alentaa laitokselta vesistöön johdettavan veden puhtautta. (Keskinen 2014; Rytönen 2014; Hiltunen 2014.)

5.3.1 Biosuodatetun veden laatu

Taulukossa 7 ja taulukossa 8 on esitetty biosuodatetun veden mittaustuloksiin perustuvia arvoja kuukausittain. Taulukoista voidaan lukea keskimääräisiä- sekä maksimiarvoja biologiselle hapen kulutukselle (BOD), kokonaistypelle (kok. N), kokonaisfosforille (kok. P) ja kiintoaineelle. Näiden arvojen perusteella voidaan päätellä panimojätevesien aiheuttamaa kuormitusta biosuodatetun veden flotaatioprosessiin.

TAULUKKO 7. Biosuodatetun veden laatu vuonna 2013 mittaustuloksiin perustuen

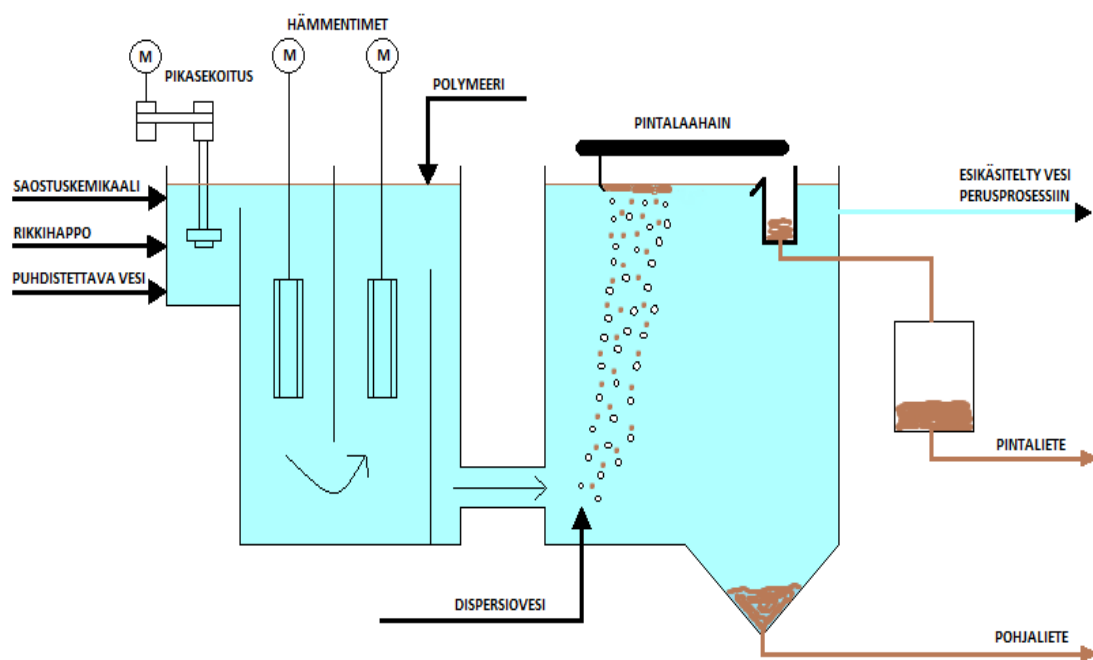
BIOSUOTIMESTA TULEVA JÄTEVESI VUONNA 2013									
Kuukausi	BOD kesk	BOD max	kok- N kesk	kok- N max	kok- P kesk	kok- P max	kiintoaine kesk	kiintoaine max	yksikkö
Tammikuu	605	650	45	55	9	11	712	1100	mg/l
Helmikuu	983	1400	51	64	10	13	1175	1400	mg/l
Maaliskuu	1000	1000	67	83	12	15	913	1100	mg/l
Huhtikuu	1085	1300	74	110	12	13	963	990	mg/l
Toukokuu	797	890	52	68	10	11	796	1000	mg/l
Kesäkuu	890	890	76	89	13	15	920	1200	mg/l
Heinäkuu	700	940	56	81	11	13	672	1100	mg/l
Elokuu	405	440	50	76	9	13	-	-	mg/l
Syyskuu	665	910	58	84	10	13	788	940	mg/l
Lokakuu	1183	1700	70	84	13	16	980	1200	mg/l
Marraskuu	990	990	98	140	23	40	1475	2000	mg/l
Joulukuu	1350	1400	79	98	18	22	1123	1500	mg/l

TAULUKKO 8. Biosuodatetun veden laatu vuonna 2014 mittaustuloksiin perustuen

BIOSUOTIMESTA TULEVA JÄTEVESI VUONNA 2014									
Kuukausi	BOD kesk	BOD max	kok- N kesk	kok- N max	kok- P kesk	kok- P max	kiintoaine kesk	kiintoaine max	yksikkö
Tammikuu	1210	1500	95	120	18	28	963	1100	mg/l
Helmikuu	690	690	71	94	13	14	983	1200	mg/l
Maaliskuu	617	690	76	84	18	20	1080	1100	mg/l
Huhtikuu	930	930	72	82	15	16	1050	1300	mg/l
Toukokuu	1950	2700	85	97	17	22	1300	1500	mg/l
Kesäkuu	1333	1400	84	110	16	21	1415	2800	mg/l
Heinäkuu	870	910	79	93	12	15	1124	1300	mg/l
Elokuu	1450	1600	68	72	12	14	658	990	mg/l
Syyskuu	797	810	68	77	11	12	930	990	mg/l
Lokakuu	1200	1200	70	77	12	12	990	1100	mg/l
Marraskuu	15	19	-	-	72	79	13	15	mg/l
Joulukuu	995	1200	95	100	18	19	1272	1400	mg/l

5.3.2 Biosuodatetun veden flotaatio

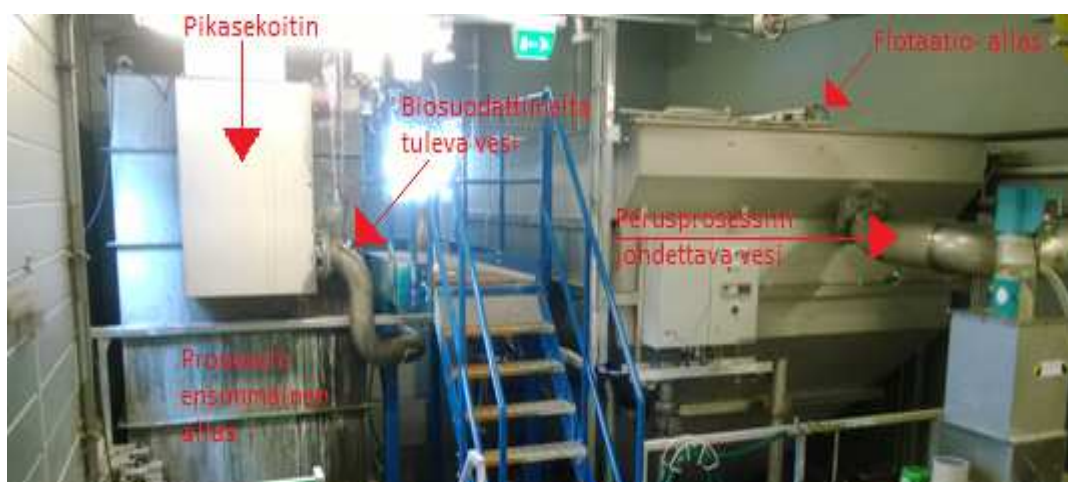
Panimojätevesien esikäsittelyä tehostettiin uudella flotaatioon perustuvalla puhdistusprosessilla. Prosessissa puhdistetaan biosuodattimelta tulevaa vettä. Biosuodatetun veden flotaation toimintaperiaate on esitetty kuvassa 14.



KUVA 14. Biosuodatetun veden flotaation toimintaperiaate

Puhdistusprosessi tapahtuu kahdessa altaassa (kuva 15). Ensimmäinen allas on jaettu kahtia väliseinällä. Ennen altaan ensimmäistä puoliskoa jäteveeteen syötetään PIX-saostuskemikaalia sekä rikkihappoa. Saostuskemikaali ja rikkihappo sekoittuvat jäteveeteen altaan alkupäässä olevan pikasekoittimen avulla. Pikasekoitin ilmastaa samalla prosessiin tulevaa jätevettä. Rikkihapolla veden PH saadaan alhaisemmaksi. Altaan toisella puoliskolla jäteveeteen sekoitetaan polymeeria. Altaan väliseinän molemmilla puolilla ovat hämmentimet, jotka se-

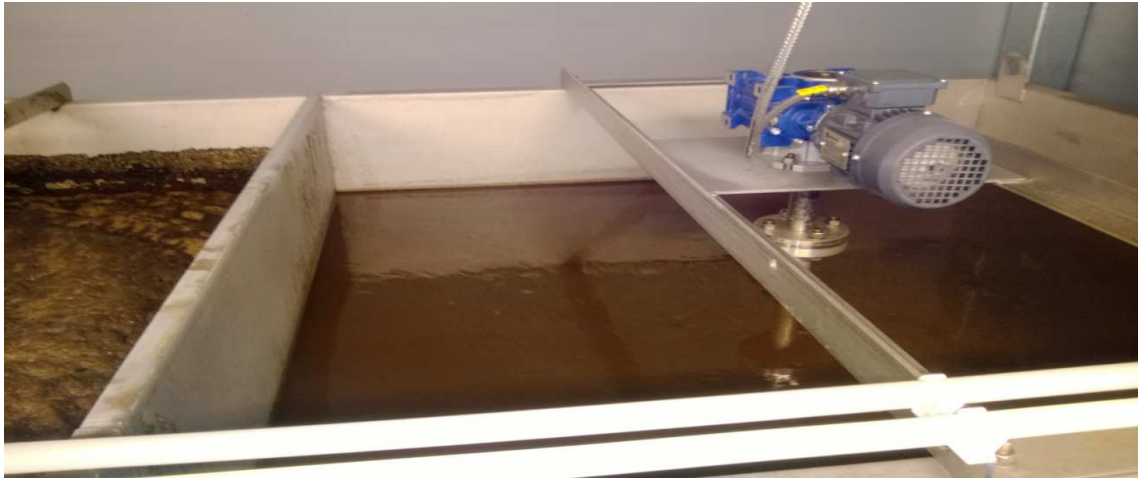
koittavat vettä (kuva 16 ja kuva 17). (Keskinen 2014; Rytönen 2014; Hiltunen 2014.)



KUVA 15. Biosuodatetun veden puhdistuslaitos



KUVA 16. Hämmennin altaan ensimmäisellä puoliskolla



KUVA 17. Hämmennin altaan toisella puoliskolla

Toisessa altaassa tapahtuu flotaatio (kuva 18 ja kuva 19). Jäteveteen sekoitettu polymeeri saa aikaan flokkeja eli monet pienet kiintoainepartikkelit muodostavat isompia kiintoainepartikkeleita, jotka saadaan nousemaan altaan pinnalle dispersioveden avulla. Dispersiovesi on mikroilmakuplilla kyllästettyä vettä. Altaan pinnalle nouseva kiintoaine poistetaan altaasta lietelaahaimen avulla. Poistettu liete pumpataan pintalietevalvoston kautta lietteen sekoitusaltaaseen. (Keskinen 2014; Rytönen 2014; Hiltunen 2014.) Kuvassa 20 näkyy flotaatioaltaan pintalietekouru sekä perusprosessiin lähtevän veden kouru.



KUVA 18. Flotaatioaltaan alkupää



KUVA 19. Flotaatioaltaan loppupää



KUVA 20. Flotaatioaltaan pintaliete- sekä perusprosessiin lähtevän veden kouru

Jätevedessä oleva PIX-saostuskemikaali sitoo kiintoaineeseen sitoutuneen fosforin tehden siitä painavampaa, jolloin kiintoaine laskeutuu altaan pohjalle pohjalietteeksi. Pohjaliete johdetaan puhdistamon tulokaivoon. Esikäsitelty panimo-

jätevesi lasketaan perusprosessin anaerobiseen altaaseen (kuva 21). (Keskinen 2014; Rytönen 2014; Hiltunen 2014.)

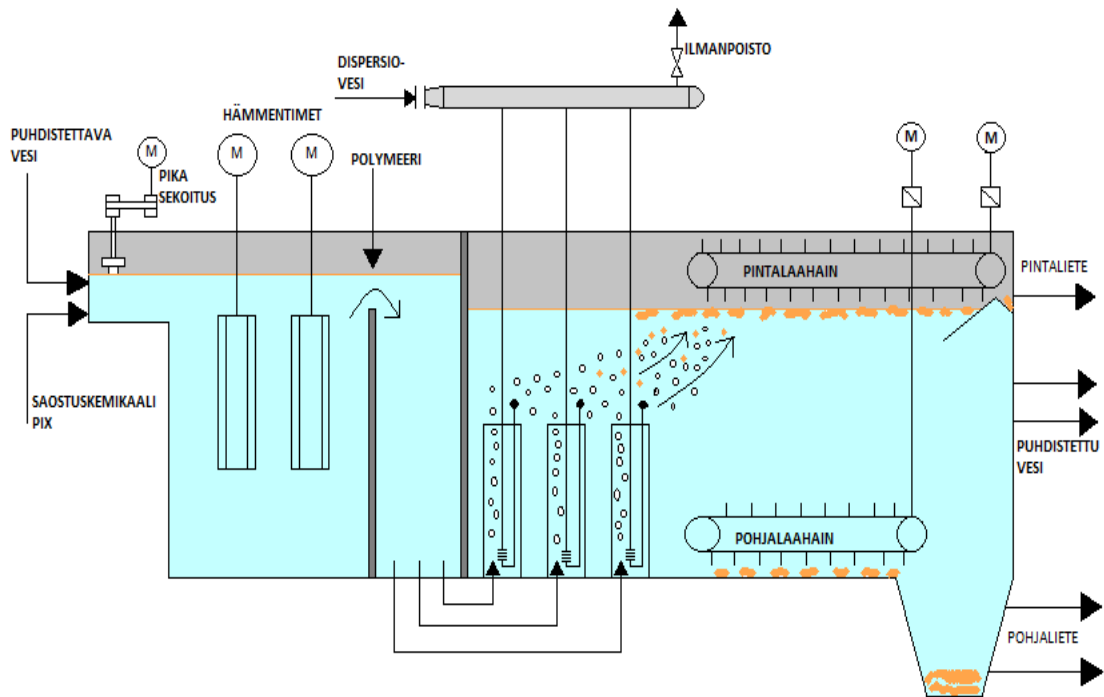


KUVA 21. Biosuodatetun veden flotaatiosta perusprosessiin tuleva vesi

5.4 Perusprosessin flotaatio

Perusprosessin flotaatiolla tehostetaan kiintoaineen poistoa vedestä. Pienempi kiintoainemäärä puhdistamolta vesistöön johdettavassa vedessä vaikuttaa myös veden sisältämään kokonaisfosforipitoisuuteen. (Keskinen 2014; Rytönen 2014; Hiltunen 2014.)

Uudella jälkikäsittelylaitoksella on rinnakkain kaksi samanlaista flotaatiolinjaa, joista käytössä voi olla yhtä aikaa molemmat tai ainoastaan toinen (Keskinen 2014; Rytönen 2014; Hiltunen 2014). Kuvassa 21 on esitetty perusprosessin flotaation toimintaperiaate (yksi flotaatiolinja).



KUVA 21. Perusprosessin flotaation toimintaperiaate (yksi flotaatiolinja)

Molemmat flotaatiolinjat (kuva 22 ja kuva 23) on jaettu kahteen altaaseen, joista ensimmäinen on jaettu kahteen osaan väliseinällä. Ensimmäisessä osassa veteen syötetään PIX-saostuskemikaalia heti altaan alkupäässä (kuva 24). Saostuskemikaali sekoittuu veteen pikasekoittimen (kuva 25) avulla. Pikasekoituksen jälkeen jälkikäsittelyallas syvenee ja vettä hämmennetään altaassa kahdella hämmentimellä. Tämän jälkeen altaassa tulee vastaan väliseinä, jonka yli vesi nousee päästen samalla altaan toiseen osaan, jossa veteen syötetään poly-meeria (kuva 26). (Keskinen 2014; Rytkönen 2014; Hiltunen 2014.)



KUVA 22. Perusprosessin flotaation ensimmäinen linja altaan loppupäästä kuvattuna



KUVA 23. Perusprosessin flotaation toinen linja altaan loppupäästä kuvattuna



KUVA 24. Saostuskemikaalin syöttäminen flotaatioprosessin alkupäähän



KUVA 25. Flotaatiolinjojen pikasekoittimet linjojen alkupäässä



KUVA 26. Polymeerin syöttäminen flotaatiolinjan ensimmäisen altaan toiseen osaan

Ensimmäisen altaan toisen osan pohjasta lähtee kolme putkea, joita pitkin vesi pääsee toiseen altaaseen eli flotaatiolinjan kolmanteen osaan, jossa varsinainen flotaatio tapahtuu. Putket nousevat linjan kolmanteen osaan altaan pohjasta ulottuen hieman altaan pohjaa ylemmäksi. Jokaisesta putkesta ulos tulevan veden sekaan syötetään dispersiovetä. Prosessissa käytettävä dispersiovesi muodostuu flotaation jälkeisestä puhdistetusta vedestä sekä dispersiovesipumppujen veden sekaan ottamasta ilmasta (kuva 27). Flotaatioaltaan pinnalle nouseva kiintoaine poistetaan altaasta pintalietelaahaimien avulla pintalietekouruun (kuva 28) ja sitä kautta pintalietevalastoon. Altaan pohjalle laskeutuva painavampi pohjaliete kaavitaan altaan loppupäässä olevaan syvennykseen, josta liete pumpataan sakeuttamoon.

Puhdistettu jätevesi poistetaan jälkikäsittelyaltaista, korkeussuunnassa altaiden keskivaiheilta, missä vesi on puhtaimmillaan. Tämän jälkeen puhdistettu vesi johdetaan vielä UV-suodattimen (kuva 29 ja kuva 30) kautta purkukaivoon ja siitä purkupumppaamoon, josta puhdistettu vesi johdetaan vesistöön. UV-

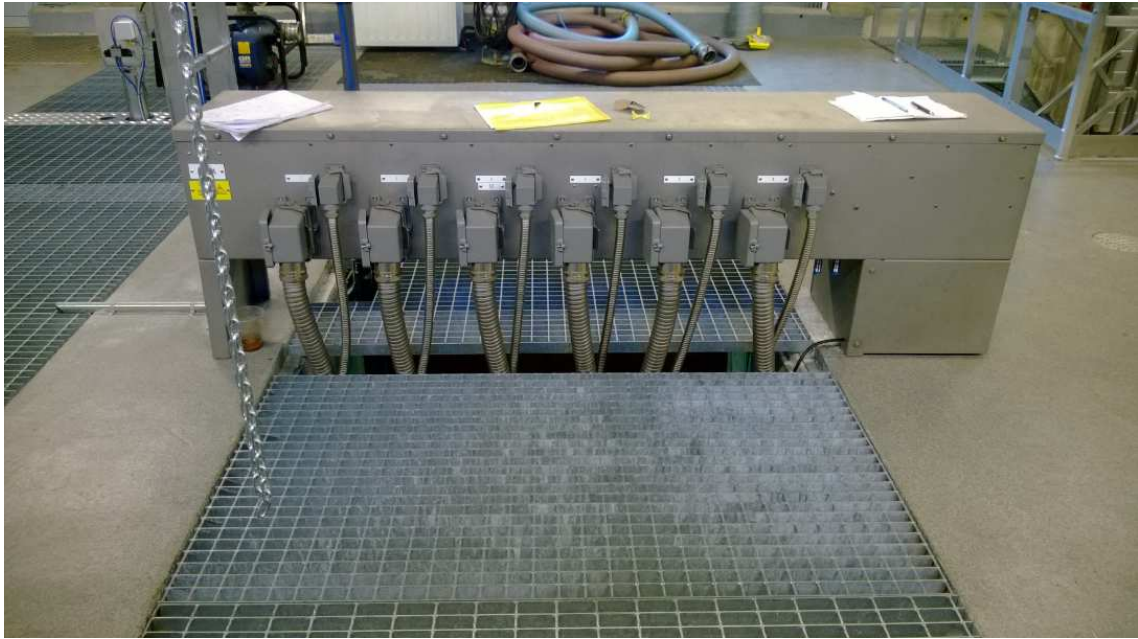
suodatin tuhoaa vedessä olevia bakteereja. (Keskinen 2014; Rytönen 2014; Hiltunen 2014.)



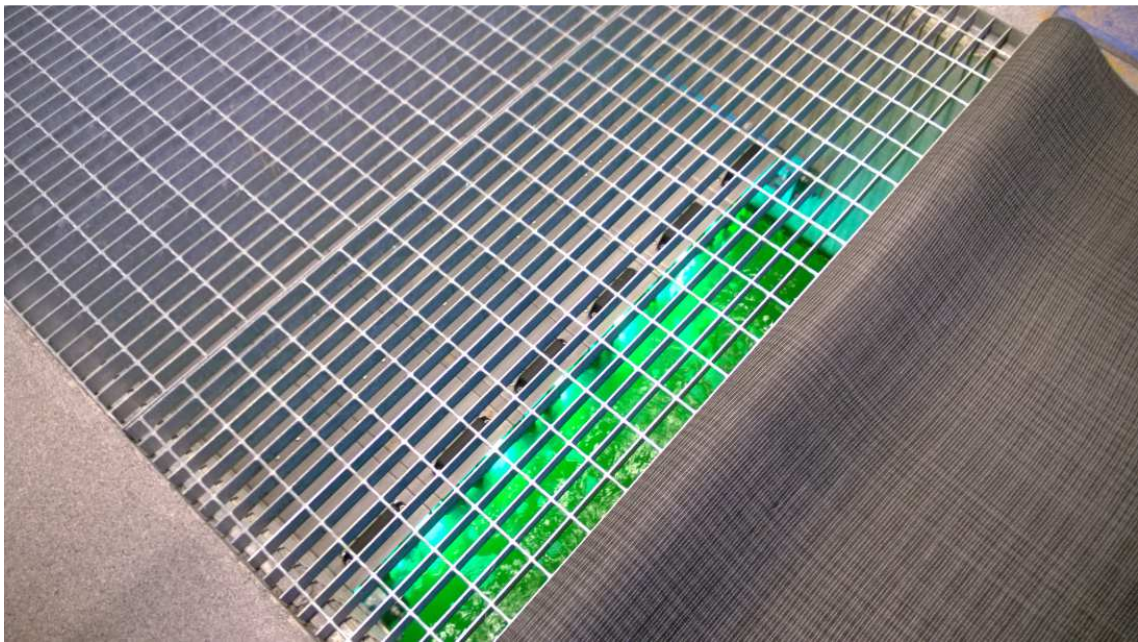
KUVA 27. Flotaatiolaitoksen dispersiovesipumput, joista kolme oikealta kuuluu perusprosessin flotaatiolle, vasemmanpuolimmainen pumppu tuottaa dispersioveden biosuodatetun veden flotaatioon



KUVA 28. Perusprosessin flotaation pintalietekouru ja -laahain



KUVA 29. Perusprosessin flotaation jälkeinen UV-suodatin



KUVA 30. UV-suodatin hieman lähempää tarkasteltuna

6 VUOHINIEMEN PUHDISTAMON LIETEPROSESSI

Jäteveden puhdistusprosessissa syntyvä liete otetaan talteen, käsitellään ja toimitetaan eteenpäin hyötykäyttöön. Esiselkeytysaltaan raakaliete sekä perusprosessin flotaatioaltaista poistettava pohjaliete pumpataan sakeutukseen (kuva 31). Sakeutuksessa liete ja vesi erotetaan toisistaan pyöreässä laskeutusaltaassa, jossa liete painavampana laskeutuu altaan pohjalle ja vesi puolestaan nousee ylös altaan pinnalle. Vesi menee altaan pinnalta ylivuotona tulokaivoon. Sakeutettu liete pumpataan lietteen sekoitusaltaaseen. Biosuodatetun veden flotaatioaltaasta poistettu pohjaliete johdetaan puhdistamon tulokaivoon. Jälkiselkeytysaltaiden ylijäämäliete pumpataan suoraan lietteen sekoitusaltaaseen. Flotaatiolaitoksen flotaatioaltaista poistettu pintaliete puolestaan johdetaan pintalietesäiliön kautta lietteen sekoitusaltaaseen. (Keskinen 2014; Rytkönen 2014; Hiltunen 2014.)



KUVA 31. Lietten sakeutusallas Vuohiniemessä (sakeuttamo)

Lietten sekoitusaltaan jälkeen alkaa lietten käsittely. Liete pumpataan kahdelle lietelingolle, joissa liettestä erotetaan vesi (kuva 32). Ennen linkoja lietteseen syötetään polymeeria, joka poistaa pintajännityksen liettestä. Polymeerin

ansiosta liete kuivuu paremmin. Lietteestä erotettu vesi johdetaan tulokaivoon. Lietteestä erotettua vettä kutsutaan rejektiovedeksi. Kuivattu liete varastoidaan ja toimitetaan eteenpäin bioenergialaitokselle, jossa liete mädätetään. Mädätetystä lietteestä saadaan talteen biokaasua. (Keskinen 2014; Rytönen 2014; Hiltunen 2014.)



KUVA 32. Lietteen kuivauslingot Vuohiniemessä (kaksi sinistä laitteistoa)

7 JÄLKIKÄSITTELYLAITOKSEN TUTKIMUSTULOKSET

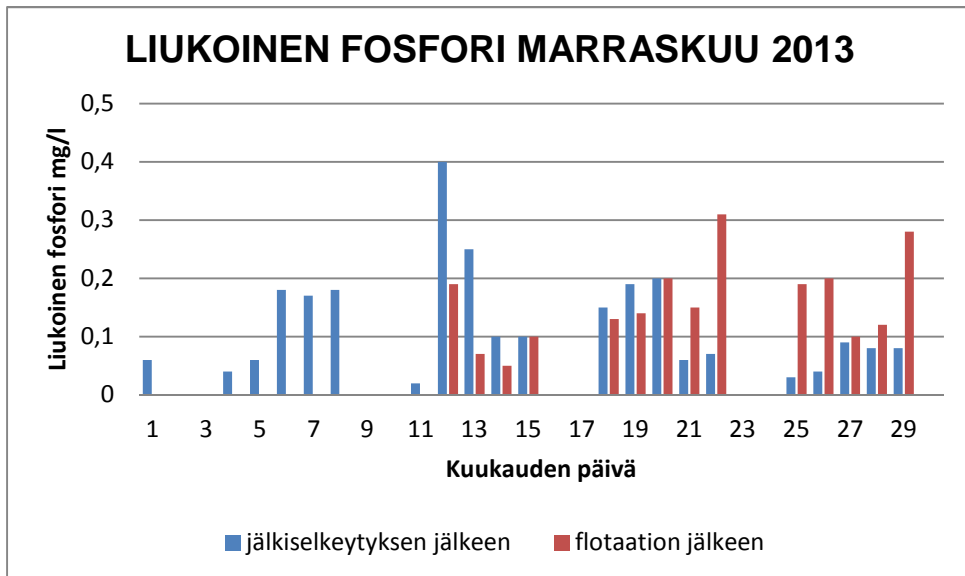
7.1 Jätkikäsittelylaitoksen vaikutukset vesistöön johdettavan veden laatuun

Vuohiniemen jätevedenpuhdistamon uuden jälkikäsittelylaitoksen perusprosessin flotaation tehtävänä on parantaa puhdistamolta vesistöön johdettavan veden laatua. Perusprosessin jälkikäsittelyn tarkoituksena on siis auttaa puhdistamoa pysymään ympäristöluvista määrättyjen entisestään kiristyvien lupa-arvojen sallituissa rajoissa.

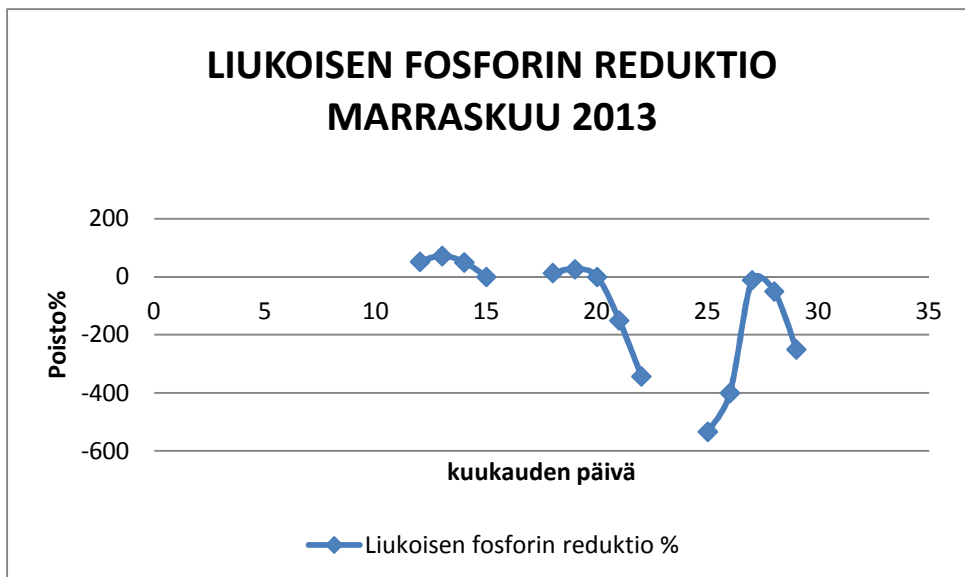
Tässä opinnäytetyössä vertailtiin keskenään jälkiselkeytyksen jälkeisen veden ja perusprosessin flotaation jälkeisen veden liukoisen fosforin, kiintoaineen sekä sameuden mittaustuloksia. Kokonaisfosforin mittaustuloksia tarkasteltiin vesistöön johdetusta vedestä. Biosuodatetun veden flotaatioprosessi on ollut toiminnassa vain muutaman viikon koko flotaatiolaitoksen olemassa olon aikana, joten sen vaikutuksia puhdistamon perusprosessiin voitiin vain arvioida. Mittaustulosten tutkiminen aloitettiin marraskuusta 2013 jälkikäsittelylaitoksen toiminnan käynnistyttyä ja tutkimus päätettiin joulukuuhun 2014. Mittaustuloksia tutkittiin ja tulkittiin kuukausi kerrallaan ja lopuksi koottiin yhteenveto koko tutkimuksen aikaisista puhdistustuloksista. Näin uuden jälkikäsittelylaitoksen vaikutukset vesistöön johdettavan veden laatuun saatiin selville.

Vuohiniemen jätevedenpuhdistamolla työskentelevät henkilöt keräävät näytteitä jätevedenpuhdistusprosessin eri vaiheista. Puhdistamolla on käytössä automaattiset näytteenottimet, jotka toimivat virtaama- tai kello-ohjattuina. Näytteet pullotetaan ja lähetetään eteenpäin tutkittaviksi. Osa mittaustuloksista määritetään myös Vuohiniemessä. Tässä tutkimuksessa käytetyt liukoisen fosforin sekä sameuden mittaustulokset määritettiin Vuohiniemessä. Kokonaisfosforin- ja kiintoaineen mittaustulokset olivat puolestaan peräisin puhdistamon kuormitus-tarkkailua suorittavasta laboratorista.

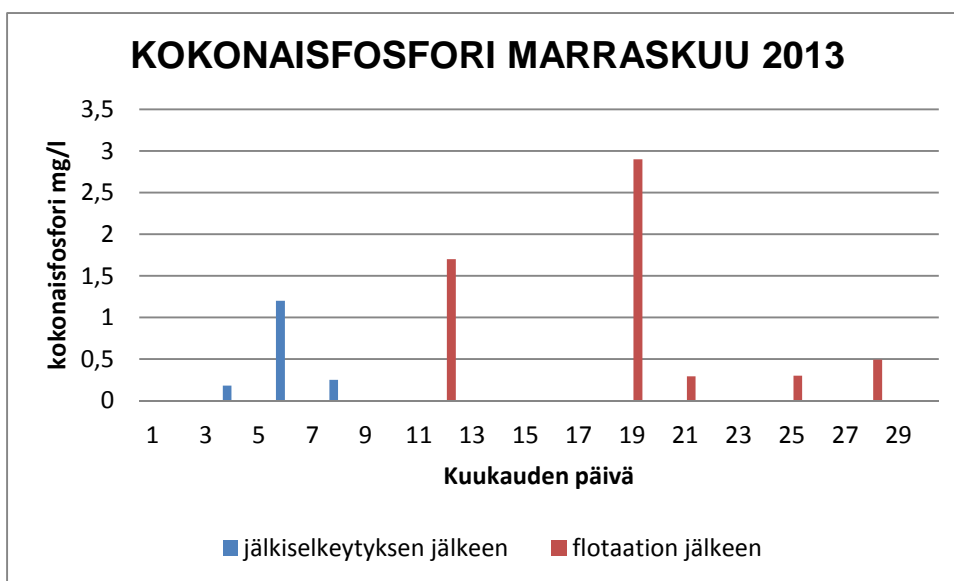
Jälikäsittelylaitoksen vaikutusten tutkiminen aloitettiin vertailemalla keskenään jälkiselkeytyksen jälkeisen veden ja perusprosessin flotaation jälkeisen veden marraskuun 2013 mittaustuloksia. Kuvassa 33 on esitetty liukoisen fosforin mittaustulokset, kuvassa 34 sen reduktiot ja kuvassa 35 on esitetty vesistöön johdetun veden sisältämät kokonaisfosforipitoisuudet.



KUVA 33. Liukoisen fosforin mittaustulokset marraskuussa 2013



KUVA 34. Liukoisen fosforin reduktio (%) marraskuussa 2013



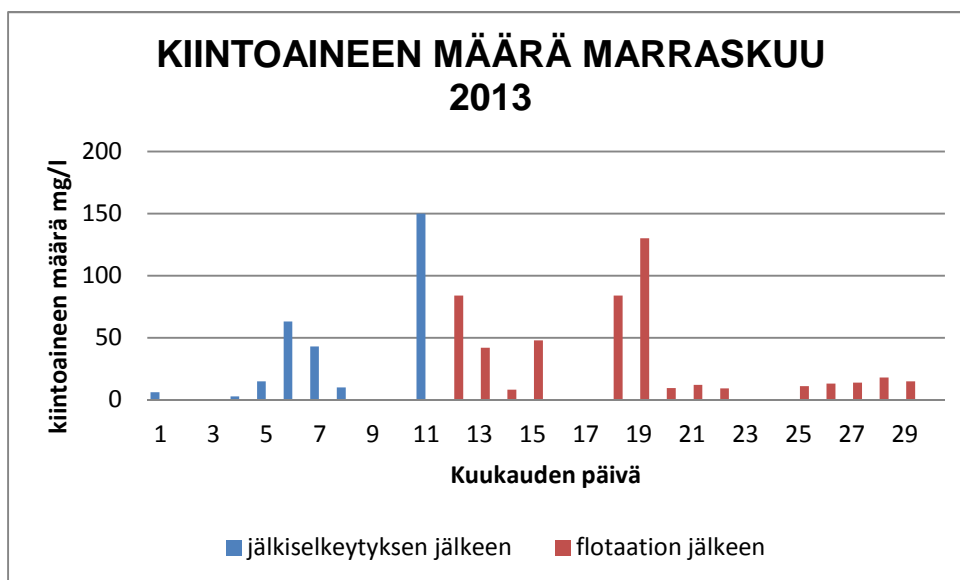
KUVA 35. Kokonaisfosforin mittaustulokset marraskuussa 2013

Ensimmäiset mittaustulokset perusprosessin flotaation jälkeisestä vedestä olivat marraskuun 12. päivästä, jolloin jätkikäsittelylaitoksen toiminta alkoi. Marraskuulta liukoisen fosforin vertailtavia mittaustuloksia oli 14 päivästä. Kuvasta 33 voidaan nähdä, että ensimmäisten kolmen vertailtavan päivän kohdalla liukoisen fosforin pitoisuus puhdistetussa vedessä oli pienempi flotaation jälkeen kuin ennen flotaatiota. Näinä päivinä flotaatio oli siis poistanut liukoista fosforia vedestä. Neljäntenä vertailupäivänä jälkiselkeytyksen jälkeisen veden ja flotaation jälkeisen veden liukoisen fosforin mittaustulokset olivat samoja. Kahtena seuraavana vertailupäivänä flotaatio oli jälleen poistanut liukoista fosforia vedestä. Kuukauden loppua kohden liukoisen fosforin poistoreduktiot kääntyivät kuitenkin negatiivisiksi (kuva 34). Reduktion ollessa negatiivinen on vedessä liukoista fosforia enemmän flotaation jälkeen kuin ennen flotaatiota. Liukoisen fosforin mittaustulosten vertailupäiviä marraskuulta oli yhteensä 14, joista viitenä päivänä puhdistustulos oli positiivinen ja seitsemänä negatiivinen. Kahtena päivänä poistoprosentti oli nolla.

Kuva 35 kertoo vesistöön johdetun veden kokonaisfosforipitoisuuden ja sen, onko vesi johdettu vesistöön jälkiselkeytyksestä vai flotaatiosta. Mittaustuloksia

flotaation jälkeen oli viideltä päivältä, joista kahtena kokonaisfosforin luparaja 0,4 mg/l alittui, mutta puhdistustavoitetta 0,2 mg/l flotaatio ei saavuttanut.

Jälkiselkeytyksen jälkeisen veden ja flotaation jälkeisen veden kiintoaineen mittaustuloksia ei vertailtu marraskuussa 2013, mutta kuvassa 36 on esitetty kiintoaineen mittaustuloksia puhdistamolta vesistöön johdetusta vedestä.



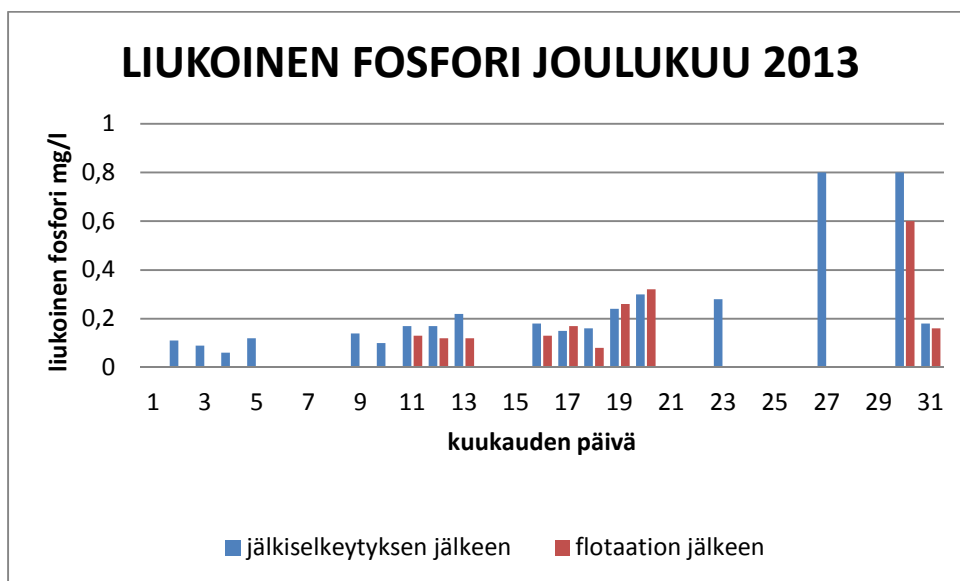
KUVA 36. Kiintoaineen mittaustuloksia marraskuussa 2013

Marraskuulta kiintoaineen mittaustuloksia perusprosessin flotaation jälkeisestä vedestä oli 14 päivältä. Puhdistamolta vesistöön johdettavan veden kiintoainepitoisuus ei saa ylittää arvoa 35 mg/l. Kolmena päivänä 14:stä luparaja ylittyi, yhdeksänä puolestaan alittui, mutta puhdistustavoitteen 10 mg/l flotaatio saavutti vain kolmena päivänä. Vertailemalla kuvan 36 kiintoaineen mittaustuloksia kuvan 35 kokonaisfosforin mittaustuloksiin voidaan huomata yhteys kiintoaineen ja kokonaisfosforin välillä. Kiintoaineen määrän ollessa korkea myös kokonaisfosforin määrä on korkea ja vastaavasti vähäinen kiintoainemäärä vedessä laskee kokonaisfosforin määrää.

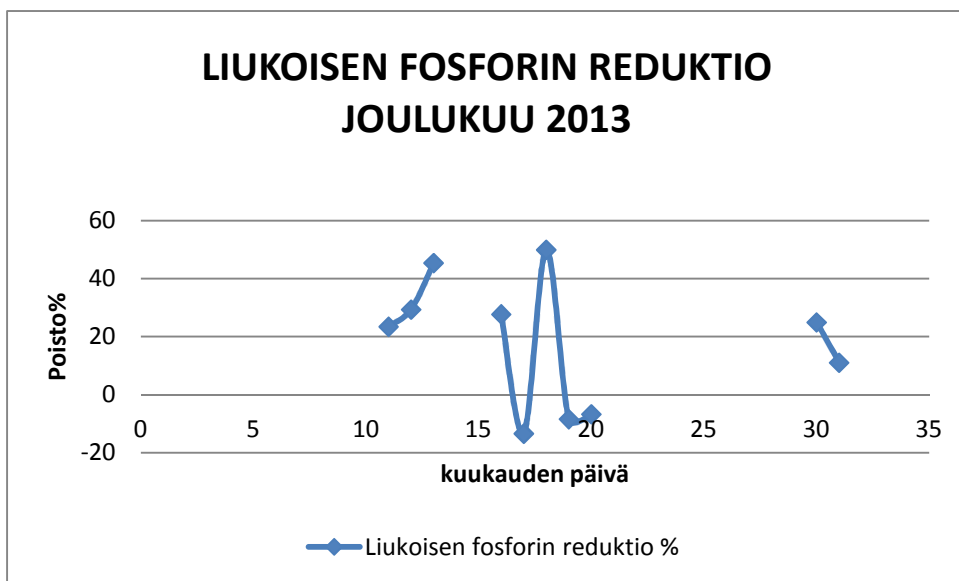
Marraskuussa kokonaisfosforin luparaja 0,4 mg/l ylittyi siis kolmena päivänä. Näistä päivistä kahtena korkeaan kokonaisfosforipitoisuuteen vaikutti vesistöön johdetun veden korkea kiintoainemäärä. Kuukauden 28. päivänä tapahtui koko-

naisfosforin kolmas luparajan ylitys, mutta vesistöön johdetun veden kiintoainemäärä ei ollut tällöin kovin korkea. Kyseisenä päivänä vesistöön johdetun veden kokonaisfosforipitoisuus oli 0,49 mg/l, kiintoainetta vedessä oli 18 mg/l ja liukoista fosforia 0,12 mg/l. Tehokkaammalla liukoisen fosforin poistolla kokonaisfosforin luparaja 0,4 mg/l olisi ollut mahdollista alittaa kyseisenä päivänä.

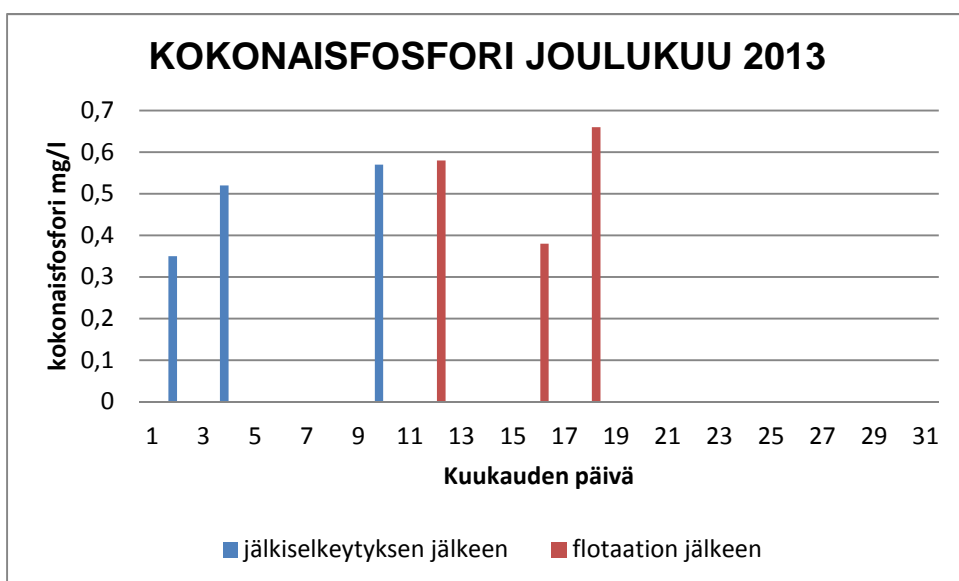
Seuraavaksi vertailtiin joulukuun 2013 mittaustuloksia. Kuvassa 37 on esitetty liukoisen fosforin mittaustulokset, kuvassa 38 sen poistoreduktiot ja kuvassa 39 on esitetty puhdistamolta vesistöön johdetun veden kokonaisfosforipitoisuudet.



KUVA 37. Liukoisen fosforin mittaustulokset joulukuussa 2013



KUVA 38. Liukoisen fosforin reduktio (%) joulukuussa 2013

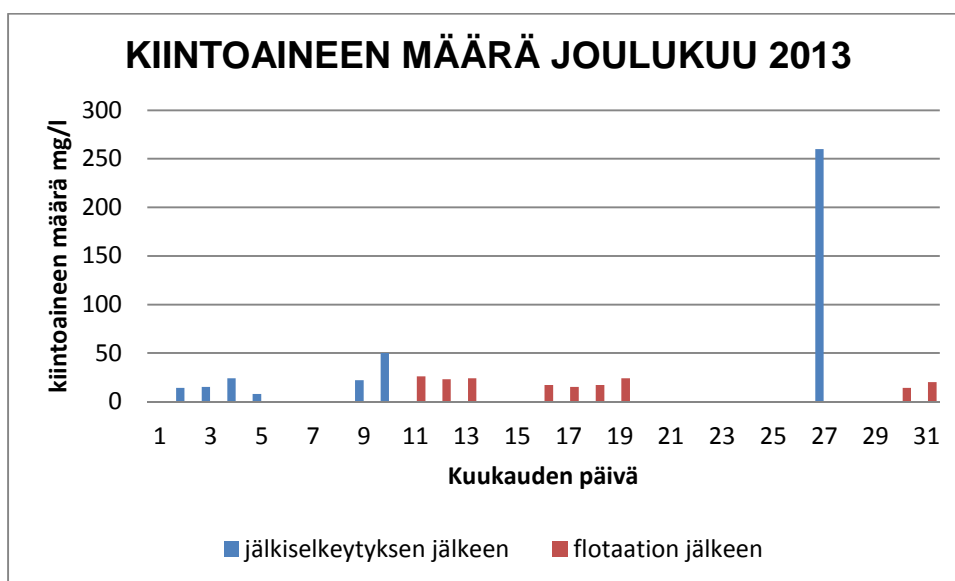


KUVA 39. Kokonaisfosforin mittaustulokset joulukuussa 2013

Kuvasta 37 voidaan nähdä, että liukoisen fosforin mittaustuloksia flotaation jälkeisestä vedestä oli joulukuun 11. päivästä alkaen. Alkukuukaudesta perusprosessin flotaatio ei ollut toiminnassa, joten puhdistettu vesi oli tällöin mennyt vesistöön suoraan jälkiselkeytyksestä. Yhtäjaksoisia mittaustuloksia flotaation jälkeisestä vedestä oli 11. päivästä alkaen reilun viikon ajalta, jolloin puhdistustu-

lokset olivat vaihtelevia, positiivisen ja negatiivisen väliltä. Tämän jälkeen flotaation toiminnassa oli noin viikon katkos. Loppukuukauden mittaustulokset parilta päivältä osoittivat flotaation poistaneen liukoista fosforia vedestä, mutta poistoprosentit olivat jääneet melko pieniksi. Liukoisen fosforin vertailupäiviä joulukuussa oli yhteensä 10, joista seitsemänä päivänä poistoreduktio oli positiivinen (kuva 38). Flotaation jälkeisen veden kokonaisfosforipitoisuus ylitti sallitun luparajan 0,4 mg/l kahtena päivänä kolmesta ja yhtenä päivänä flotaatio saavutti vaaditun puhdistustuloksen niukasti (kuva 39).

Myöskään joulukuun 2013 kiintoaineen mittaustuloksia jälkiselkeytyksen- ja flotaation jälkeisestä vedestä ei vertailtu keskenään. Puhdistamolta vesistöön johdetun veden kiintoaineen mittaustulokset on kuitenkin esitetty kuvassa 40. Kuvasta ilmenee myös, onko vesi johdettu vesistöön jälkiselkeytyksestä vai flotaatiosta.

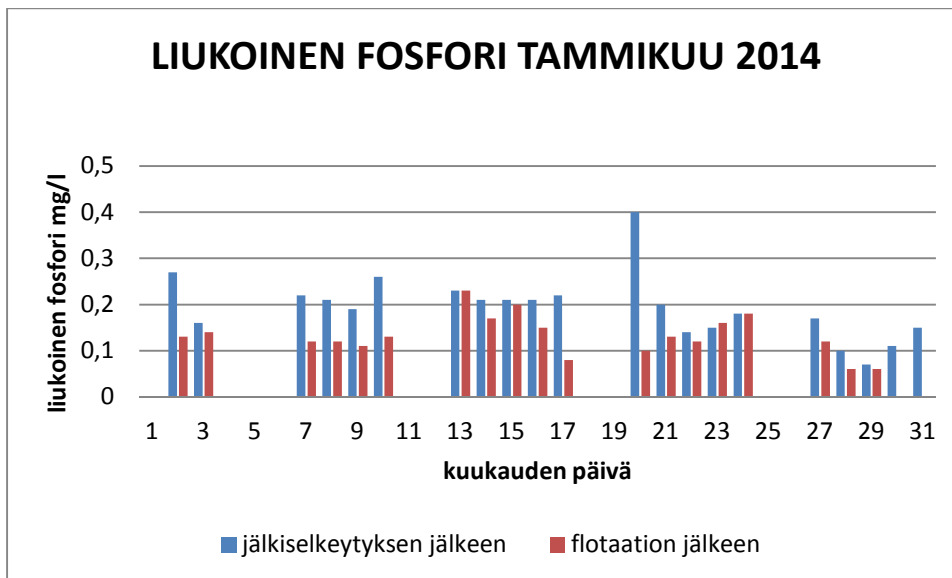


KUVA 40. Kiintoaineen mittaustuloksia joulukuussa 2013

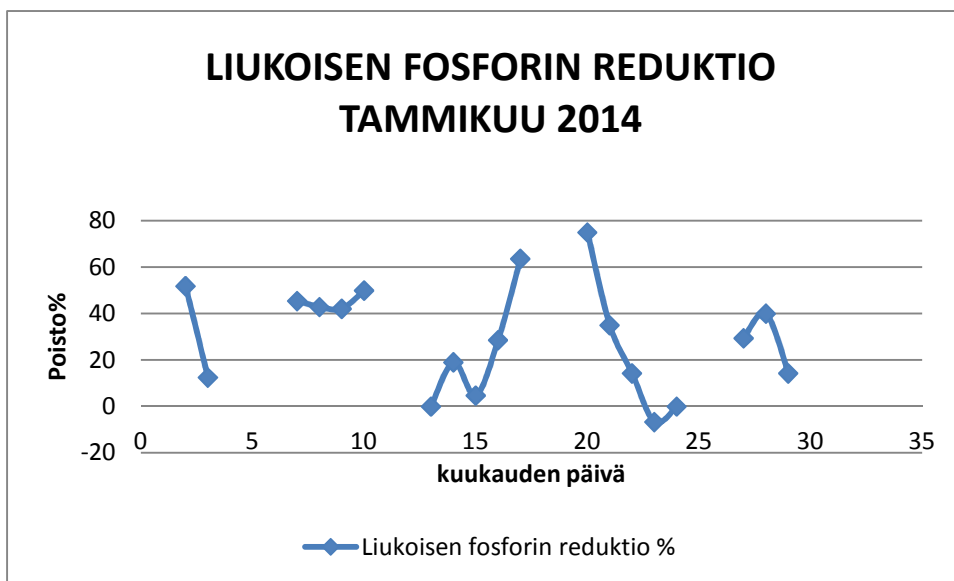
Flotaatiosta lähteneen veden kiintoainemäärä ei ylittänyt kiintoaineen sallittua luparajaa 35 mg/l yhtään kertaa joulukuussa (kuva 40). Puhdistustavoitetta 10 mg/l flotaatio ei kuitenkaan saavuttanut. Jälkiselkeytyksestä vesistöön johdetun veden kiintoainemäärä ylitti puhdistusvaatimuksen kaksi kertaa, toisella kerrois-

ta ihan reilusti. Vaikka flotaatiosta lähteneessä vedessä ei ollut kiintoainetta yli sallitun luparajan, silti kokonaisfosforipitoisuudet vesistöön johdetussa vedessä joko ylittivät luparajan 0,4 mg/l tai olivat ainakin ihan sallitun rajan tuntumassa. Kuukauden 12. päivänä vesistöön johdetun veden kokonaisfosforipitoisuus oli 0,58 mg/l, kiintoainetta vedessä oli 23 mg/l ja liukoista fosforia 0,12 mg/l. Vaikka flotaatio olisi onnistunut poistamaan kyseisenä päivänä kaiken liukoisen fosforin vedestä, silti kokonaisfosforin luparaja 0,4 mg/l ei olisi alittunut.

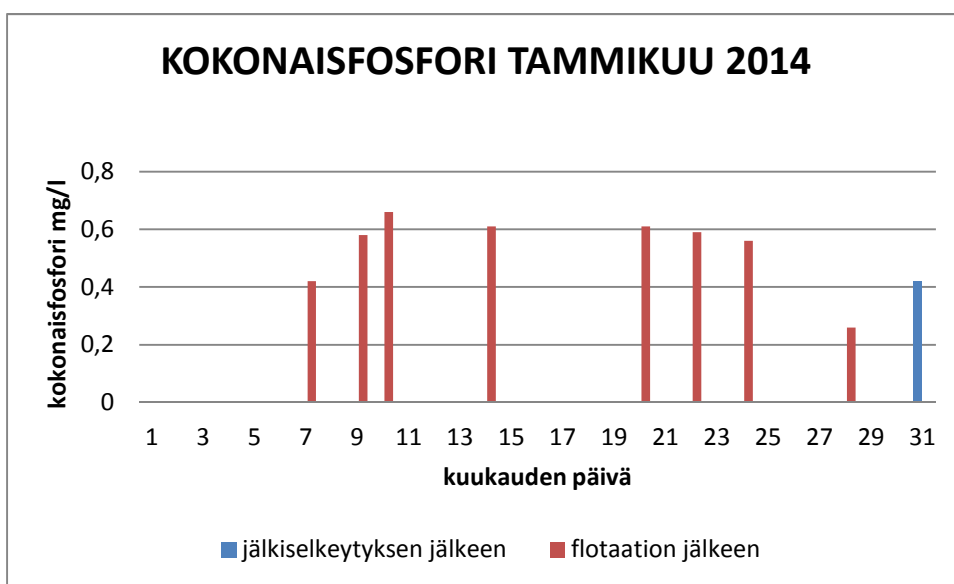
Seuraavaksi vertailtiin vuoden 2014 ensimmäisen kuukauden eli tammikuun mittaustuloksia. Liukoisen fosforin mittaustulokset ja poistoreduktiot on esitetty kuvassa 41 ja kuvassa 42. Vesistöön johdetun veden kokonaisfosforimäärät on esitetty kuvassa 43.



KUVA 41. Liukoisen fosforin mittaustulokset tammikuussa 2014



KUVA 42. Liukoisen fosforin reduktio (%) tammikuussa 2014

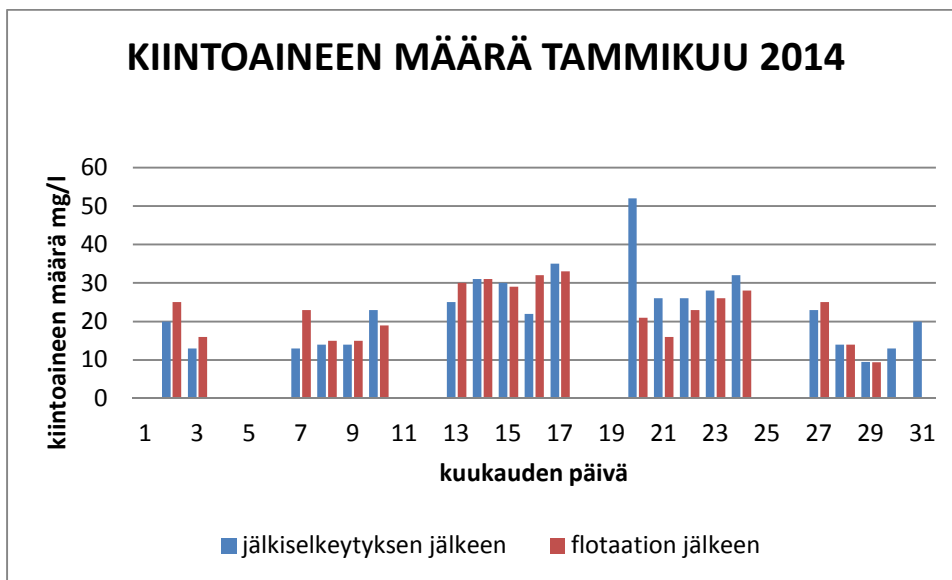


KUVA 43. Kokonaisfosforin mittaustulokset tammikuussa 2014

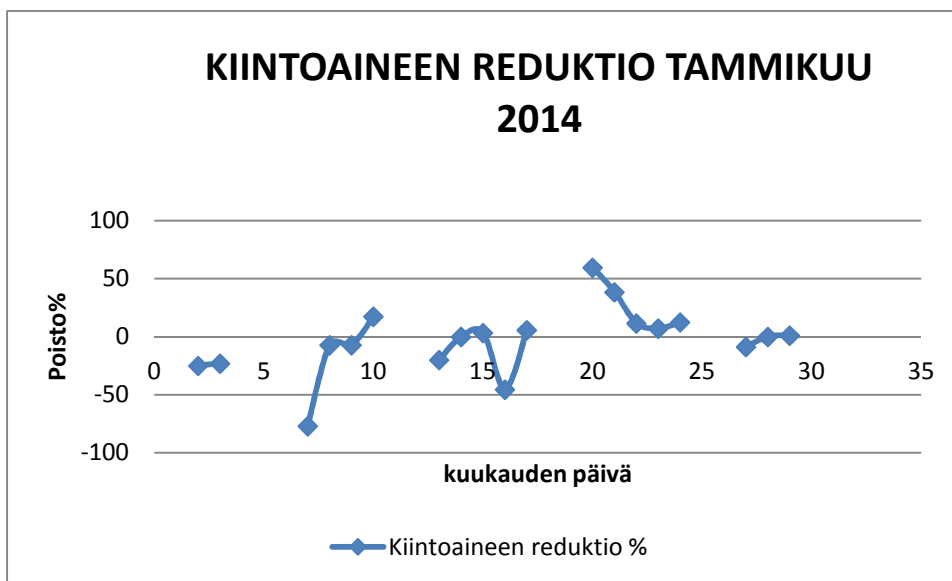
Tammikuussa 2014 perusprosessin flotaatioprosessi oli käytössä koko kuukauden, kahta viimeistä päivää lukuun ottamatta. Liukoisen fosforin vertailtavia mittaustuloksia oli tältä kuukaudelta hieman enemmän, 19 kokonaisuudessaan (kuva 41). Vain yhtenä päivänä fosforin puhdistustulos oli negatiivinen ja kaksi kertaa poistoprosentti oli nolla (kuva 42). 16 päivänä 19:stä flotaatio oli poista-

nut liukoista fosforia vedestä ja poistoreduktiokin kävi parhaimmillaan 75 prosentissa. Flotaatiosta lähteneen veden kokonaisfosforipitoisuus oli kuitenkin ylittänyt vaaditun puhdistustuloksen 0,4 mg/l seitsemän kertaa (kuva 43). Mittaustuloksia oli kahdeksan, joten kerran luparaja alittui, mutta tavoiteltu puhdistustulos 0,2 mg/l jäi kuitenkin saavuttamatta.

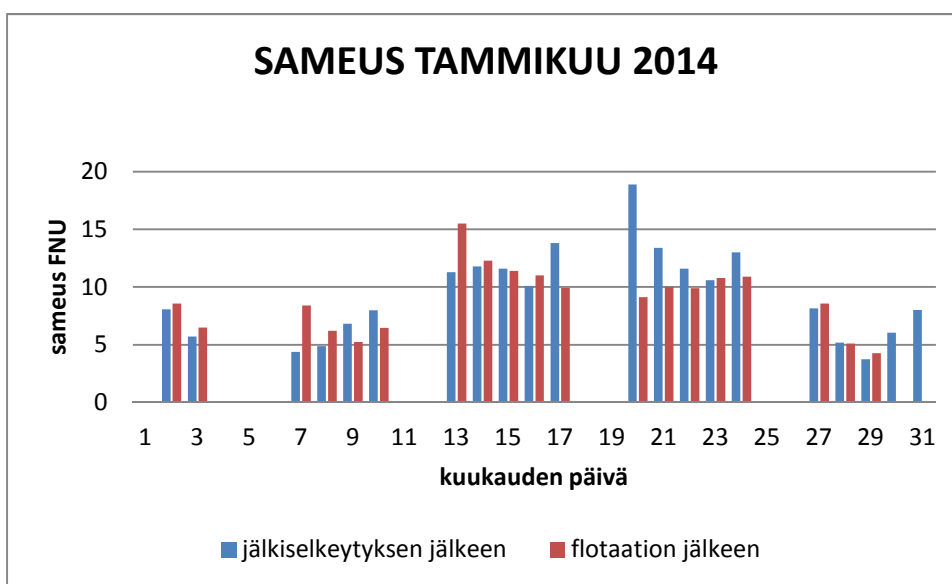
Tammikuusta 2014 lähtien vertailtiin keskenään myös jälkiselkeytyksen jälkeisen veden ja flotaation jälkeisen veden kiintoaineen sekä sameuden mittaustuloksia. Kuvassa 44 on esitetty kiintoaineen mittaustulokset, kuvassa 45 sen poistoreduktiot ja kuvassa 46 on esitetty veden sameudet.



KUVA 44. Kiintoaineen mittaustulokset tammikuussa 2014



KUVA 45. Kiintoaineen reduktio (%) tammikuussa 2014



KUVA 46. Sameuden mittaustulokset tammikuussa 2014

Kiintoaineen mittaustulosten vertailupäiviä tammikuulta oli yhteensä 19 (kuva 44). Yhdeksänä päivänä flotaatio poisti kiintoainetta vedestä ja yhtenä päivänä kiintoainemäärä vedessä oli sama flotaation jälkeen kuin ennen sitä. Kiintoaineen sallittu luparaja 35 mg/l ei ylittynyt yhtään kertaa flotaatiosta lähteneessä vedessä. Tavoiteltuun puhdistustulokseen 10 mg/l päästiin vain kerran ja tällä

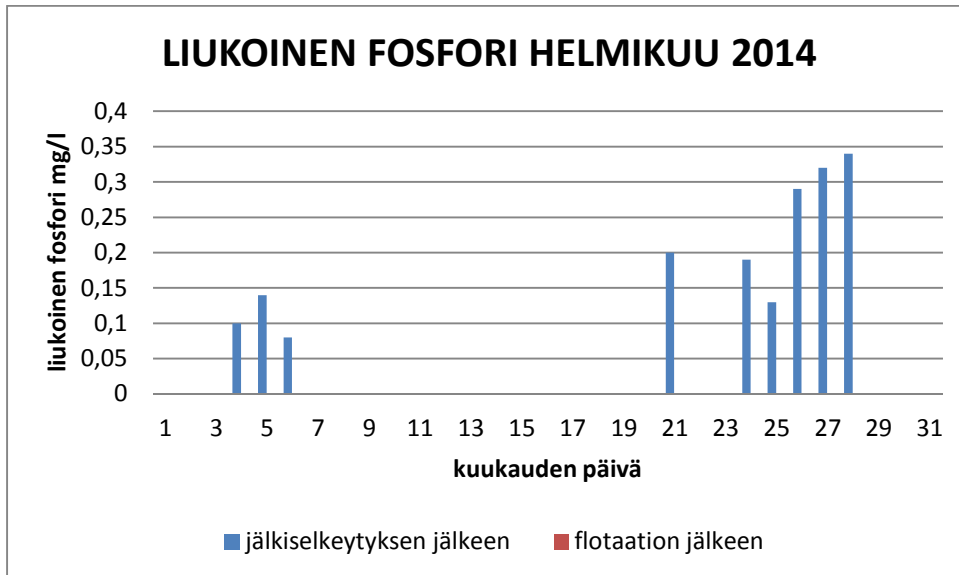
kyseisellä kerralla myös flotaatioon tulleen veden kiintoainemäärä oli valmiiksi alle tavoitellun puhdistustuloksen. Kiintoaineen reduktio kävi parhaimmillaan noin 60 prosentissa, joten tavoitellusta 98 prosentin reduktiosta jäätin selvästi (kuva 45).

Vaikka kiintoaineen sallittu luparaja 35 mg/l ei ylittynyt tammikuussa yhtään kertaa, silti kokonaisfosforipitoisuus vesistöön johdetussa vedessä ylitti kokonaisfosforin sallitun luparajan 0,4 mg/l seitsemänä päivänä kahdeksasta. Luparajan ylittäneistä päivistä viitenä kokonaisfosforin luparaja ei olisi alittunut, vaikka flotaatio olisi onnistunut poistamaan kaiken liukoisen fosforin vedestä. Näyttäisi siltä, että kokonaisfosforin luparajan 0,4 mg/l alittamiseksi vesistöön johdettavan veden kiintoainemäärän on oltava luparajaa 35 mg/l jonkin verran alhaisempi. Kokonaisfosforin luparajan ylittymiseen vaikuttaa kuitenkin kiintoainemäärän lisäksi myös vedessä olevan liukoisen fosforin määrä. Kuukauden seitsemäntenä päivänä flotaation jälkeisen veden kiintoainemäärä oli 23 mg/l, mutta silti kokonaisfosforipitoisuus vedessä oli 0,42 mg/l. Liukoista fosforia vedessä oli 0,12 mg/l, joten paremmalla liukoisen fosforin poistolla kokonaisfosforin luparaja olisi kyseisenä päivänä alittunut. Edellä mainittuna päivänä liukoisen fosforin reduktio oli vain 45 prosenttia.

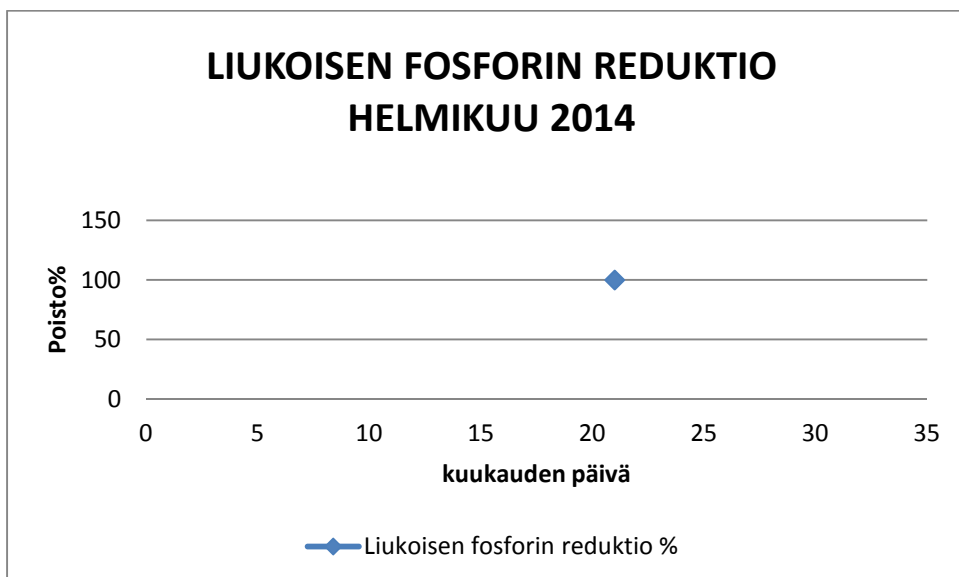
Kuvan 46 mukaan myös veden sameus oli pienempi yhdeksänä vertailupäivänä flotaation jälkeen kuin ennen flotaatiota. Vertailemalla kuvan 44 kiintoaineen mittaustuloksia ja kuvan 46 veden sameuden mittaustuloksia keskenään voidaan havaita, että kiintoaineen määrä ja veden sameus eivät suoraan seuraa toisiaan. Joinakin vertailupäivinä flotaatio poisti kiintoainetta vedestä, mutta sameus vedessä kuitenkin lisääntyi ja vastaavasti sama oli toistunut myös toisin päin.

Seuraavaksi tutkittiin helmikuun 2014 mittaustuloksia. Helmikuussa perusprosessin flotaatioprosessi oli lähes koko kuukauden poissa käytöstä teknisten ongelmien vuoksi. Jälkiselkeytyksestä tuleva vesi oli ajettu flotaation läpi vain muutamana päivänä, joten helmikuun mittaustulokset olivat pääasiassa jälkiselkeytyksen jälkeisestä vedestä. Flotaation toiminnan seisahdus oli alkanut tam-

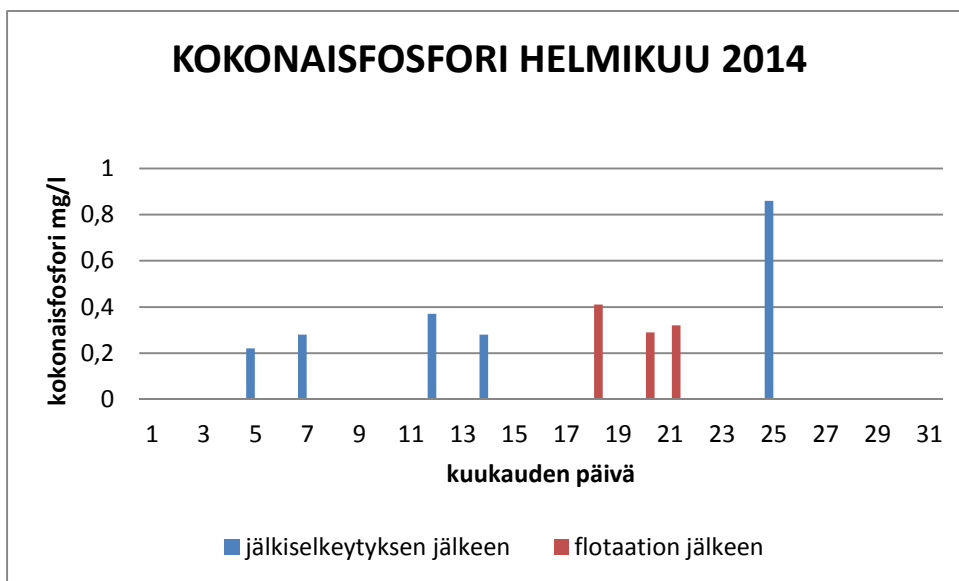
mikuun loppupuolella. Liukoisen fosforin mittaustulokset ja reduktiot on esitetty kuvassa 47 ja kuvassa 48. Puhdistamolta vesistöön johdetun veden kokonaisfosforipitoisuudet on esitetty kuvassa 49.



KUVA 47. Liukoisen fosforin mittaustuloksia helmikuussa 2014



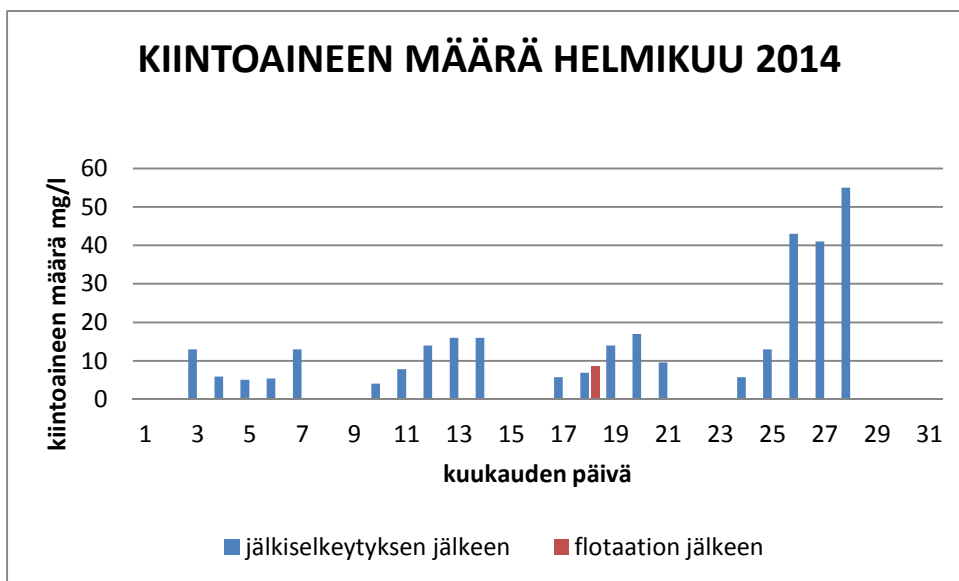
KUVA 48. Liukoisen fosforin reduktio (%) helmikuussa 2014



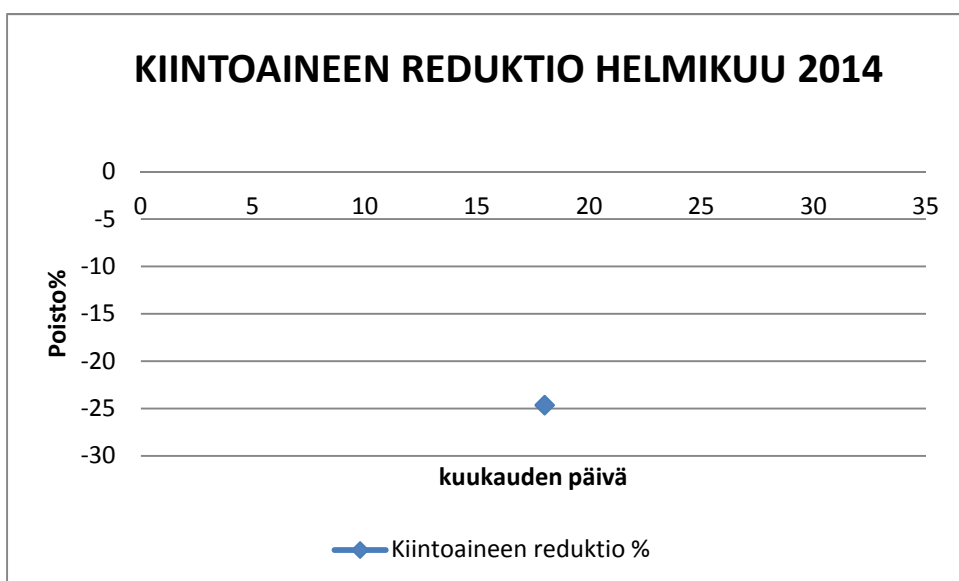
KUVA 49. Kokonaisfosforin mittaustulokset helmikuussa 2014

Flotaatiosta lähtevästä vedestä oli vain yksi liukoisen fosforin mittaustulos kyseisen kuukauden ajalta. Mittaustulos oli 21. päivältä, jolloin liukoisen fosforin määrä puhdistetussa vedessä oli 0 mg/l. Flotaatio oli siis kyseisenä päivänä poistanut kaiken jälkiselkeytyksestä tulevassa vedessä olleen liukoisen fosforin. Näin ollen liukoisen fosforin reduktio oli 100 prosenttia. Tätä mittaustulosta ei voi havaita kuvasta 47 tuloksen ollessa nolla, mutta kuvasta 48 liukoisen fosforin poistoprosentti voidaan todeta. Vesi ajettiin flotaation läpi vain muutama päivänä kuukauden puolivälin jälkeen, ja näiltä päiviltä oli kolme kokonaisfosforin mittaustulosta. Kahtena päivänä vesistöön johdetun veden kokonaisfosforipitoisuus oli jäänyt alle luparajan 0,4 mg/l ja yhtenä päivänä mittaustulos oli niukasti ylittänyt puhdistusvaatimuksen.

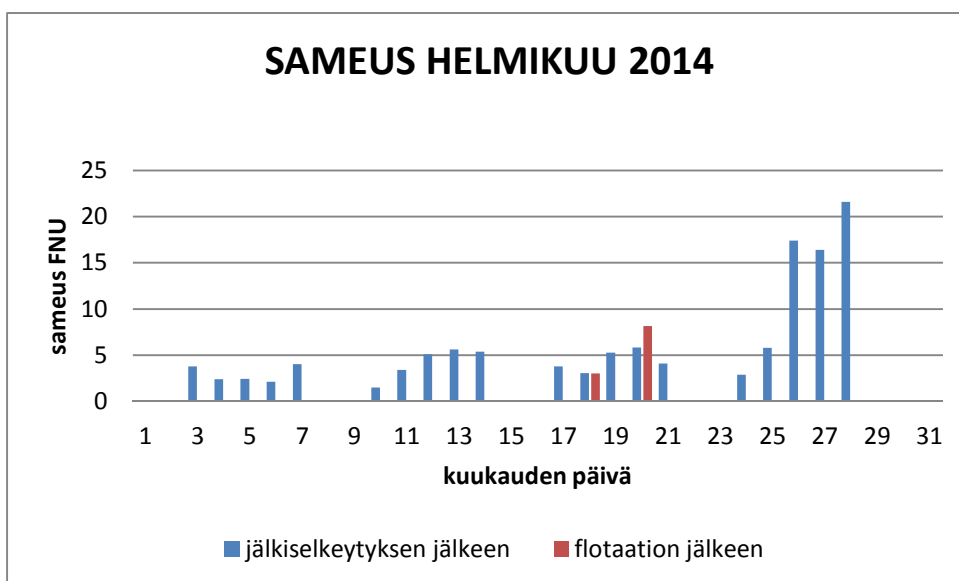
Myös kiintoaineen ja sameuden mittaustuloksia helmikuulta oli vain muutamalta päivältä. Kiintoaineen määrät ja sen reduktiot on esitetty kuvassa 50 ja kuvassa 51. Sameuden mittaustulokset on esitetty kuvassa 52.



KUVA 50. Kiintoaineen mittaustulokset helmikuussa 2014



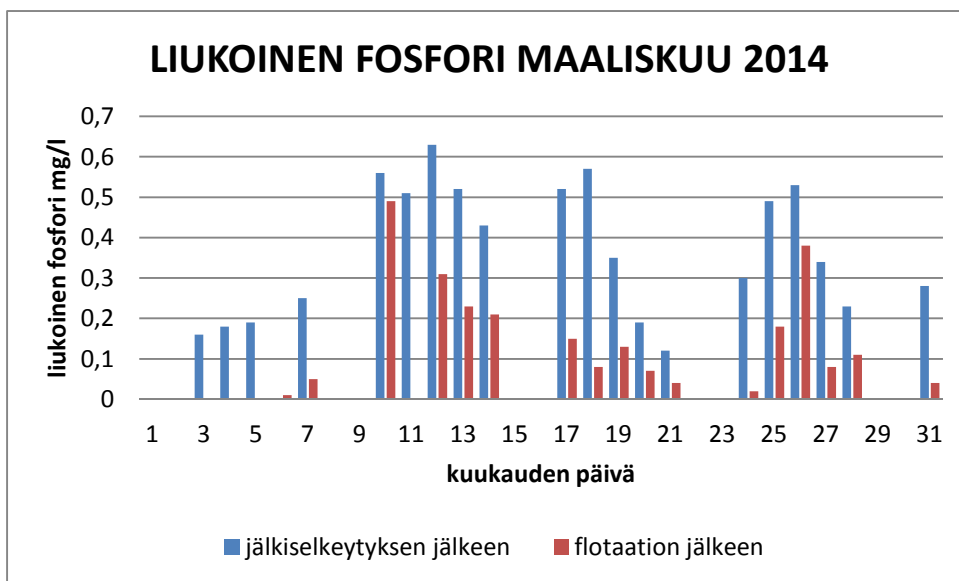
KUVA 51. Kiintoaineen reduktio (%) helmikuussa 2014



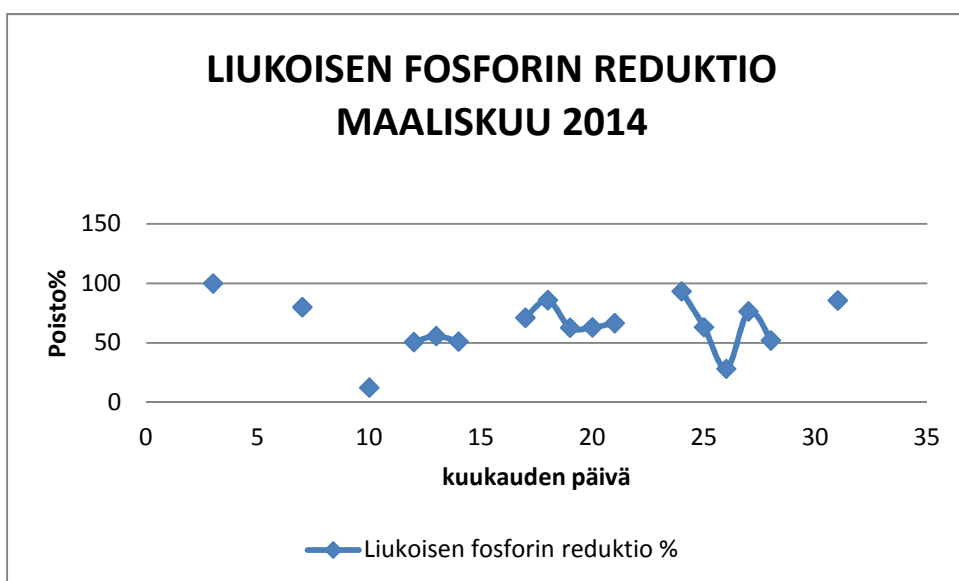
KUVA 52. Sameuden mittaustulokset helmikuussa 2014

Helmikuussa flotaatiosta lähtevästä vedestä oli vain yksi kiintoaineen mittaustulos. Tulos oli kuukauden 12. päivästä, jolloin flotaatioon tulleen veden kiintoainemäärä oli vain 6,9 mg/l ja flotaatiosta lähteneen veden puolestaan 8,6 mg/l (kuva 50). Kyseisenä päivänä kiintoaineen reduktio oli negatiivinen (kuva 51). Jälkiselkeytyksestä lähteneen veden kiintoainemäärät olivat helmikuussa melko alhaisia, lukuun ottamatta loppukuukauden muutamaa hieman korkeampaa mittaustulosta. Sameuden mittaustuloksia flotaation jälkeen oli kahdelta päivästä. Ensimmäinen mittaustulos oli kiintoaineen kanssa samalta päivästä. Kiintoaineen puhdistustulos oli tällöin negatiivinen, mutta veden sameus flotaatiossa oli kuitenkin pienentynyt. Toisena vertailupäivänä veden sameus oli lisääntynyt.

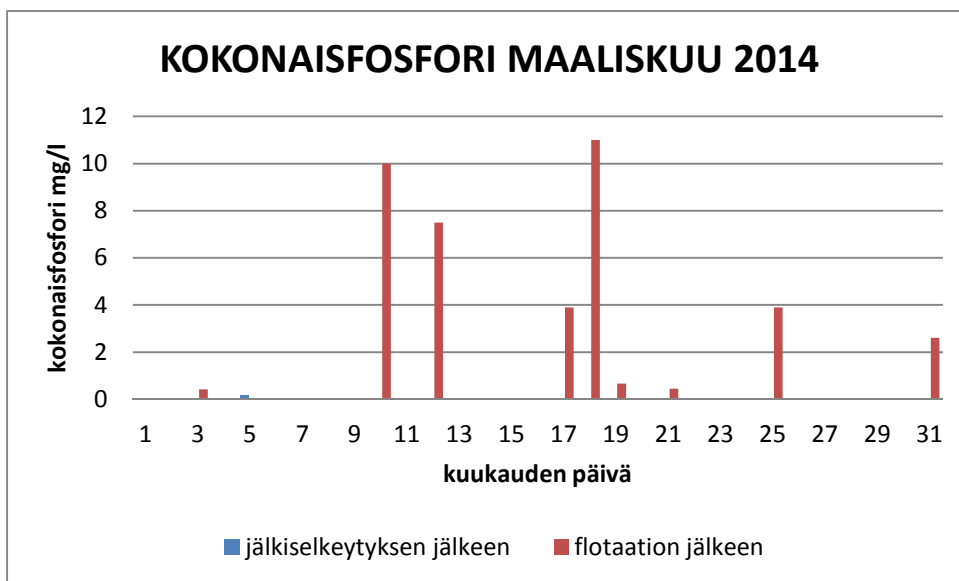
Seuraavaksi tutkittiin maaliskuun 2014 mittaustuloksia. Maaliskuun ensimmäisen viikon aikana perusprosessin flotaation toiminta oli ollut hajanaista edellisen kuukauden katkoksen vuoksi. Kuukauden ensimmäisen viikon jälkeen flotaatioprosessi alkoi toimimaan tasaisesti ja vertailtavia mittaustuloksia loppukuukauden ajalta oli normaalisti. Kuvassa 53 on esitetty liukoisen fosforin mittaustulokset, kuvassa 54 liukoisen fosforin reduktiot ja kuvassa 55 on esitetty puhdistamolta vesistöön johdetun veden kokonaisfosforipitoisuudet.



KUVA 53. Liukoisen fosforin mittaustuloksia maaliskuussa 2014



KUVA 54. Liukoisen fosforin reduktio (%) maaliskuussa 2014

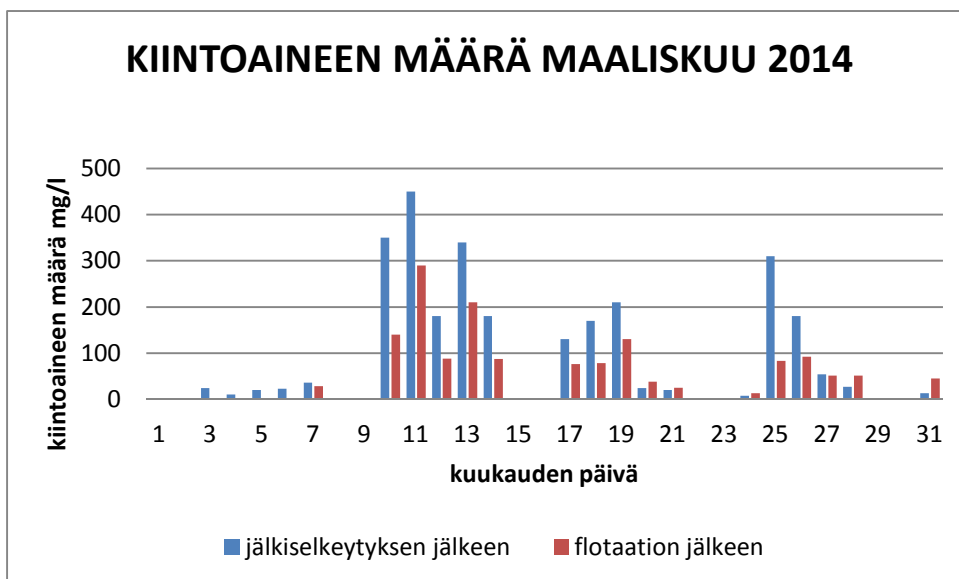


KUVA 55. Kokonaisfosforin mittaustulokset maaliskuussa 2014

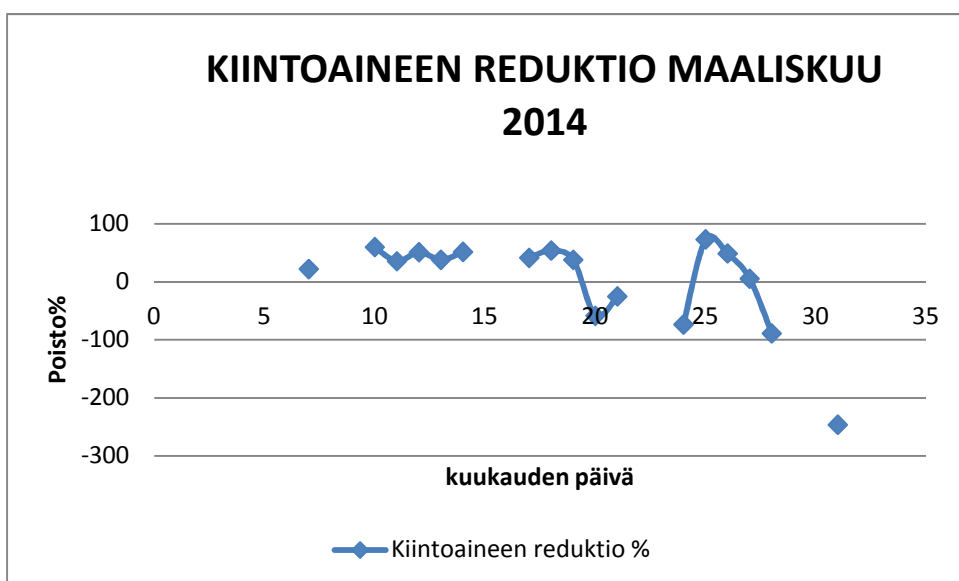
Maaliskuulta liukoisen fosforin vertailtavia mittaustuloksia oli yhteensä 16 päivältä ja kaikkien näiden vertailupäivien puhdistustulokset olivat positiivisia (kuva 53). Paras puhdistustulos oli kuukauden kolmannelta päivältä, jolloin liukoisen fosforin mittaustulos flotaation jälkeen oli 0 mg/l ja reduktio 100 prosenttia. Tämän puhdistustuloksen voi todeta kuvasta 54, jossa liukoisen fosforin reduktiot on esitetty. Flotaatioprosessin tasoittumisen jälkeen liukoisen fosforin poistoprosentit vaihtelivat 13 ja 93 prosentin välillä. Liukoisen fosforin poistotehon ollessa huono pelkkä liukoisen fosforin määrä flotaation jälkeisessä vedessä voi ylittää kokonaisfosforille määrätyn luparajan. Kuukauden 10. päivän kohdalla oli tapahtunut juuri näin.

Kokonaisfosforin mittaustuloksia flotaatiosta lähteneelle vedelle oli kyseisen kuukauden ajalta yhteensä yhdeksän, joista yksikään tulos ei alittanut sallittua luparajaa 0,4 mg/l. Kuvasta 55 voidaankin todeta, että suurin osa mittaustuloksista ylitti puhdistusvaatimuksen reippaasti. Pienin mitattu kokonaisfosforin määrä vesistöön johdetussa vedessä oli 0,42 mg/l ja suurin jopa 11 mg/l.

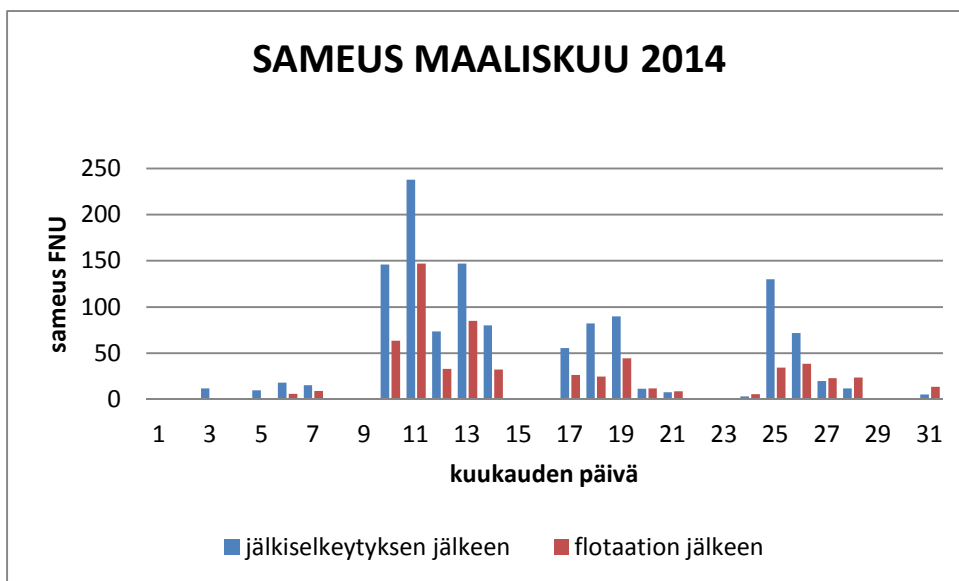
Maaliskuun kiintoaineen ja sameuden mittaustuloksia tutkittiin jälkiselkeytyksen ja flotaation jälkeisestä vedestä. Kuvassa 56 on esitetty kiintoaineen mittaustulokset, kuvassa 57 sen reduktiot ja kuvassa 58 on esitetty veden sameudet.



KUVA 56. Kiintoaineen mittaustulokset maaliskuussa 2014



KUVA 57. Kiintoaineen reduktio (%) maaliskuussa 2014



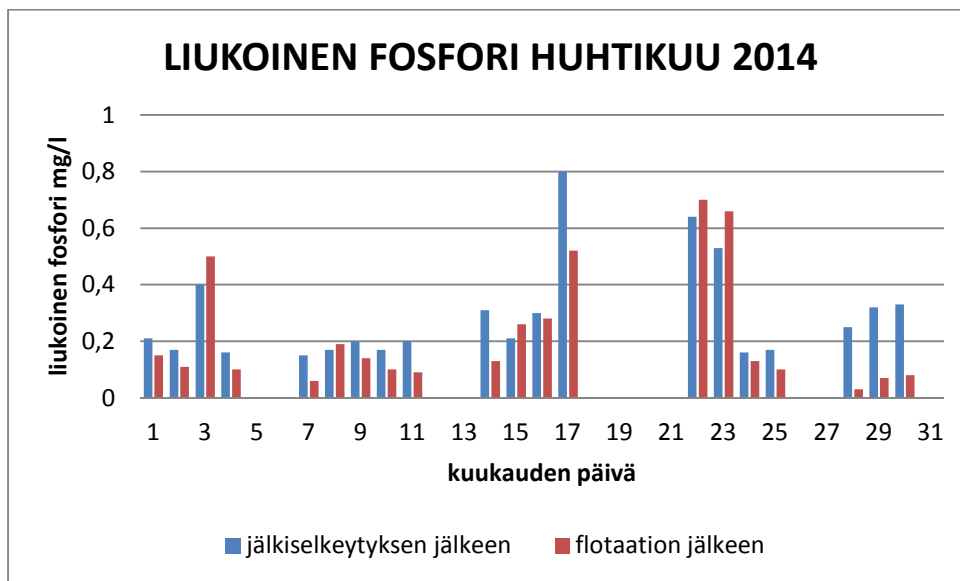
KUVA 58. Sameuden mittaustulokset maaliskuussa 2014

Maaliskuulta kiintoaineen mittaustulosten vertailupäiviä oli yhteensä 17 ja niistä 12:na flotaatio poisti kiintoainetta vedestä (kuva 56). 12 päivän joukossa oli neljä päivää, jolloin jälkiselkeytyksestä flotaatioon tulleen veden kiintoainemäärä ylitti flotaatioprosessin maksimikiintoainekuormituksen 300 mg/l. Näinä päivinä kiintoaineen reduktioprosentit vaihtelivat 35 ja 73 prosentin välillä (kuva 57). Maksimikiintoainekuormituksen ylittyessä flotaatiolla tavoiteltua 98 prosentin reduktiota ei vaadita. Kuvaa 56 ja kuvaa 58 keskenään vertailemalla voidaan huomata, että kiintoaine ja sameus kulkivat aikalailla käsi kädessä maaliskuun aikana.

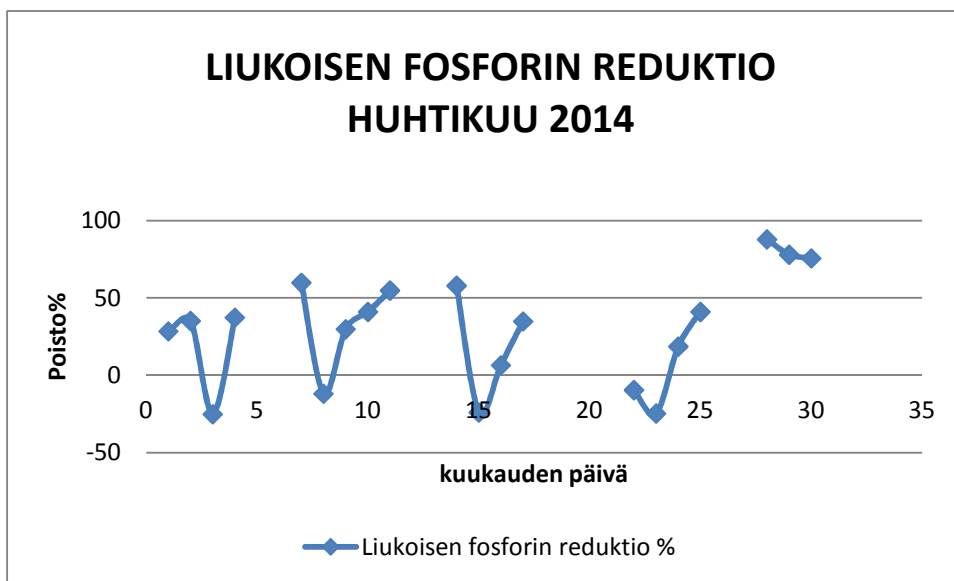
Kuukauden viitenä kiintoaineen vertailupäivänä flotaation puhdistustulos oli negatiivinen. Kahtena päivänä näistä kiintoaineen määrä flotaation jälkeisessä vedessä alitti sallitun luparajan 35 mg/l, koska jälkiselkeytyksestä flotaatioon tulleen veden kiintoainemäärä oli jo valmiiksi todella pieni. Viidestä negatiivisesta päivästä kolmena flotaation jälkeisen veden kiintoainemäärä ylitti vaaditun puhdistustuloksen. Näistä kolmesta päivästä kahtena jälkiselkeytyksestä flotaatioon johdetun veden kiintoainemäärä oli alle kiintoaineen luparajan 35 mg/l.

Mittaustulosten perusteella vesistöön johdetun veden kokonaisfosforipitoisuudet olivat maaliskuussa korkeita pääasiassa flotaation jälkeisen veden korkeiden kiintoainemäärien vuoksi. Kuukauden 21. päivänä vesistöön johdetussa vedessä oli kiintoainetta kuitenkin vain 25 mg/l ja liukoista fosforia 0,04 mg/l. Silti kokonaisfosforipitoisuus oli 0,44 mg/l eli yli sallitun luparajan. Jos flotaatio olisi onnistunut poistamaan kyseisenä päivänä kaiken liukoisen fosforin vedestä, olisi vesistöön johdetun veden kokonaisfosforipitoisuus pysynyt vain niukasti sallituissa rajoissa. Kokonaisfosforipitoisuuksien alittamiseksi veden kiintoainemäärien on nähtävästi pysyttävä lähempänä 20 mg:aa/l.

Seuraavaksi vertailtiin huhtikuun 2014 mittaustuloksia. Kuvassa 59 on esitetty liukoisen fosforin mittaustulokset, kuvassa 60 sen reduktiot ja kuvassa 61 on esitetty puhdistamolta vesistöön johdetun veden kokonaisfosforipitoisuudet.



KUVA 59. Liukoisen fosforin mittaustuloksia huhtikuussa 2014



KUVA 60. Liukoisen fosforin reduktio (%) huhtikuussa 2014

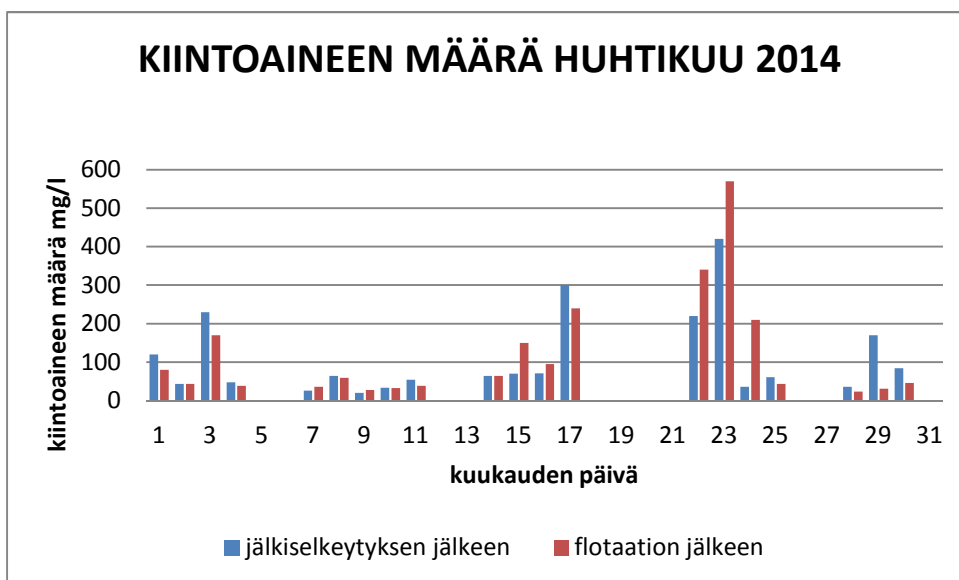


KUVA 61. Kokonaisfosforin mittaustulokset huhtikuussa 2014

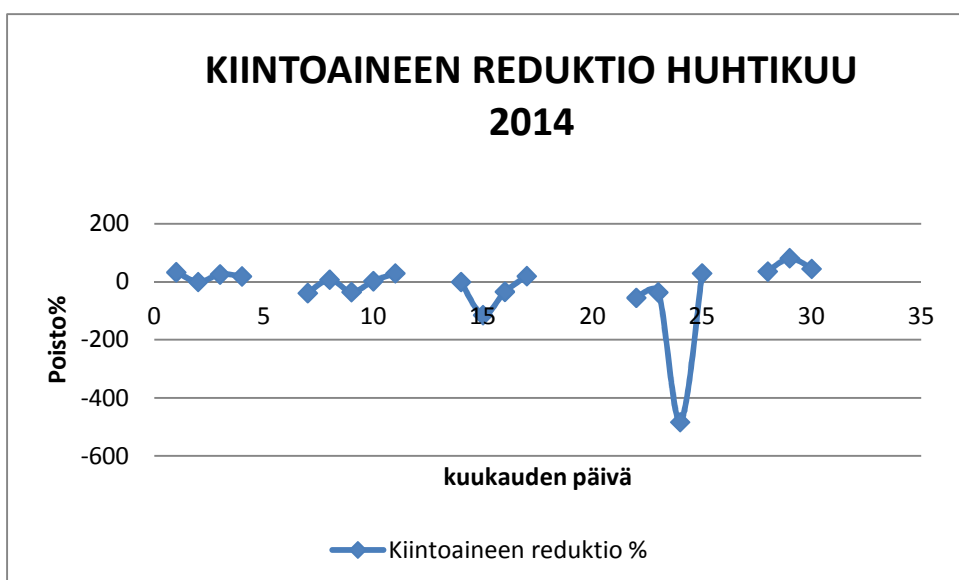
Huhtikuulta liukoisen fosforin vertailtavia mittaustuloksia oli jopa 20 päivältä. 15 päivänä flotaatio poisti liukoista fosforia vedestä ja poistoreduktiot vaihtelivat 7 ja 88 prosentin välillä (kuva 60). Kaikki 20 vertailupäivää mukaan ottaen jo pelkkä liukoisen fosforin määrä flotaatiosta lähteneessä vedessä ylitti neljä kertaa kokonaisfosforille asetetun luparajan 0,4 mg/l. Kokonaisfosforin mittaustuloksia

flotaation jälkeiselle vedelle oli yhdeksältä päivältä. Kaikkina näinä päivinä puhdistamolalle asetettu luparaja ylittyi (kuva 61).

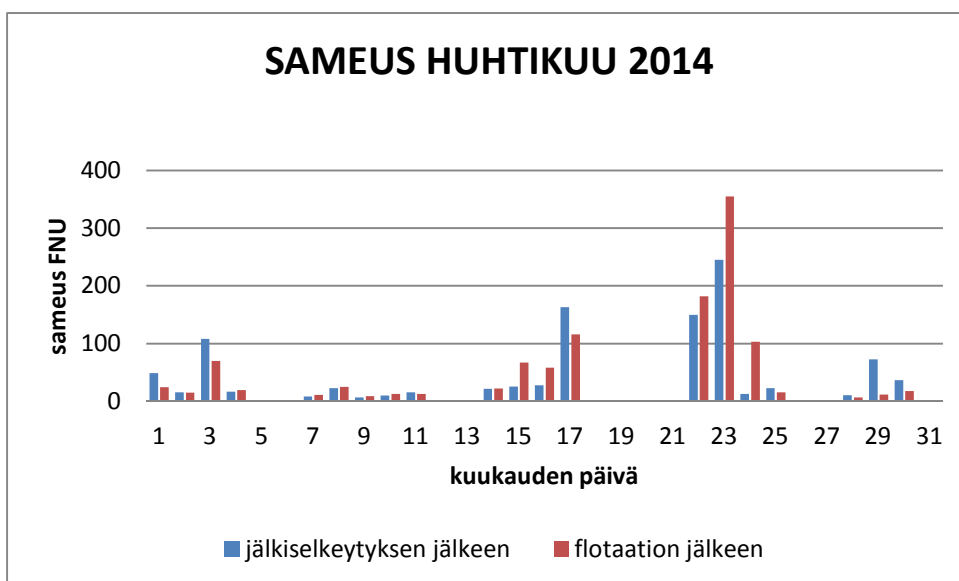
Myös kiintoaineen ja sameuden mittaustuloksia oli kattavasti koko huhtikuun ajalta. Kuvassa 62 ja kuvassa 63 on esitetty kiintoaineen mittaustulokset ja sen reduktiot. Kuvassa 64 on esitetty veden sameudelle mitatut arvot.



KUVA 62. Kiintoaineen mittaustulokset huhtikuussa 2014



KUVA 63. Kiintoaineen reduktio (%) huhtikuussa 2014



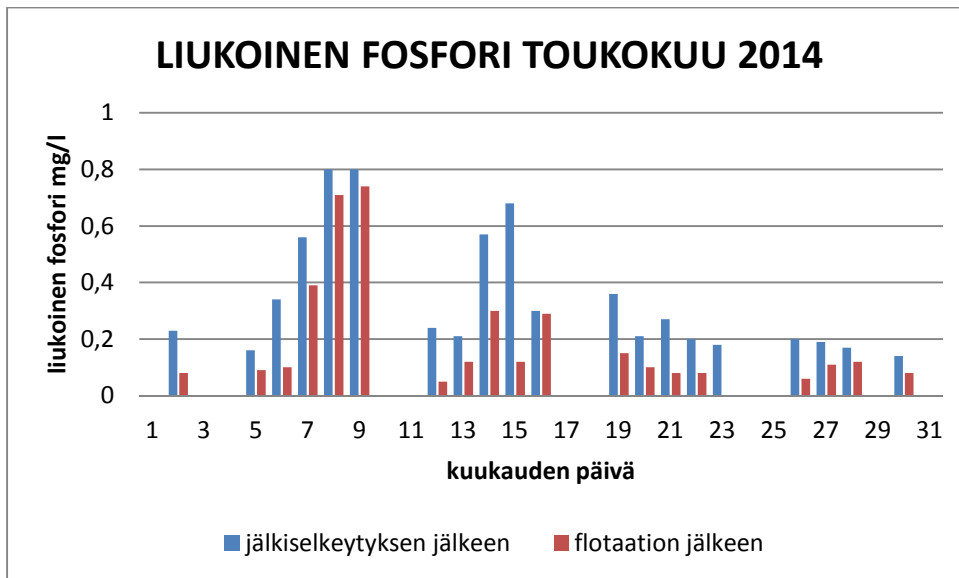
KUVA 64. Sameuden mittaustulokset huhtikuussa 2014

Kiintoaineen vertailtavia mittaustuloksia huhtikuulta oli 20 päivältä (kuva 62). Päivistä 11 oli puhdistustuloksiltaan positiivisia. Seitsemänä päivänä puhdistustulos oli negatiivinen ja kaksi kertaa kiintoaineen poistoprosentti oli nolla. 11 positiivisesta päivästä vain kolmena kiintoaineen mittaustulos flotaation jälkeisessä vedessä alitti puhdistusvaatimuksen 35 mg/l. Negatiivisista puhdistustuloksista yhtenä päivänä kiintoainemäärä jäi alle luparajan, koska flotaatioon tulleen veden kiintoainemäärä oli valmiiksi hyvin matala. Joinakin päivinä jälkiselkeytyksestä flotaatioon tulleen veden kiintoainemäärä oli todella korkea, mutta flotaatioprosessin maksimikiintoainekuormitus 300 mg/l ei kuitenkaan ylittynyt. Kiintoaineen positiiviset reduktiot vaihtelivat 3 ja 82 prosentin välillä (kuva 63).

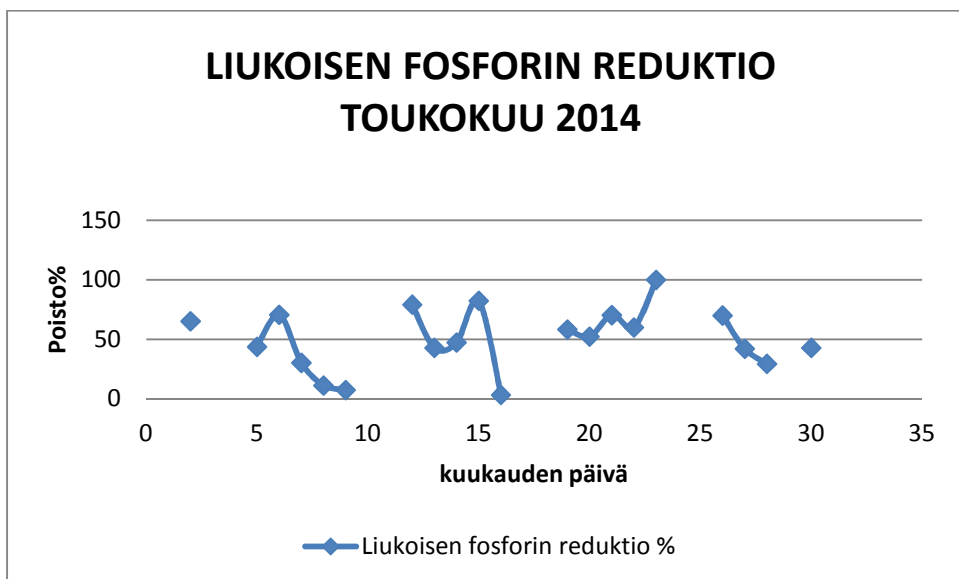
Mittaustulosten mukaan myös huhtikuun kokonaisfosforipitoisuudet olivat korkeita pääasiassa vesistöön johdetun veden korkeiden kiintoainemäärien vuoksi. Huhtikuun kiintoainemäärät ja sameudet olivat keskenään hyvin yhdenmukaisia. Tämä ilmenee vertailtaessa keskenään kuvaa 62 ja kuvaa 64.

Seuraavaksi tutkittiin toukokuun 2014 mittaustuloksia. Kuvassa 65 on esitetty liukoisen fosforin mittaustulokset, kuvassa 66 liukoisen fosforin poistoreduktiot

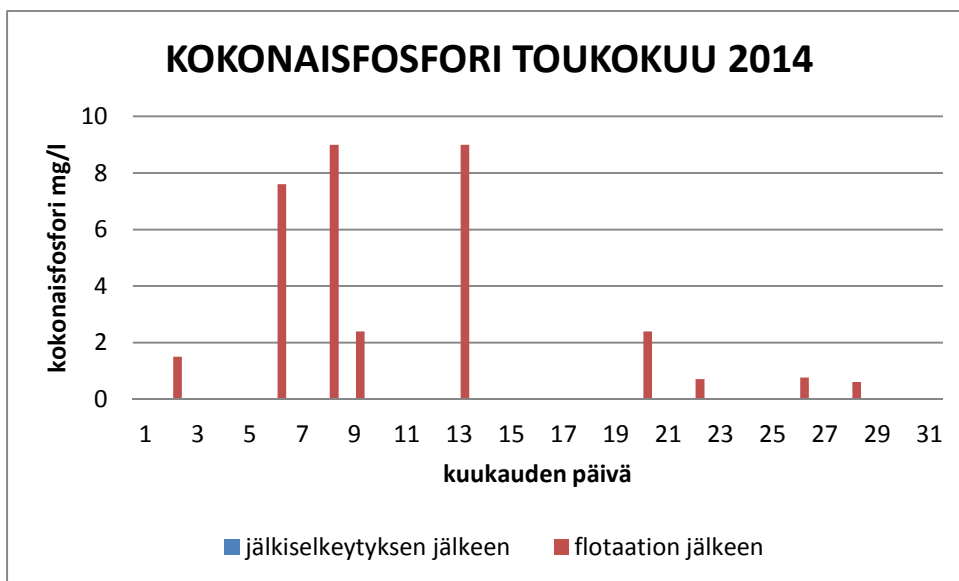
ja kuvassa 67 puhdistamolta vesistöön johdetun veden kokonaisfosforipitoisuudet.



KUVA 65. Liukoisen fosforin mittaustuloksia toukokuussa 2014



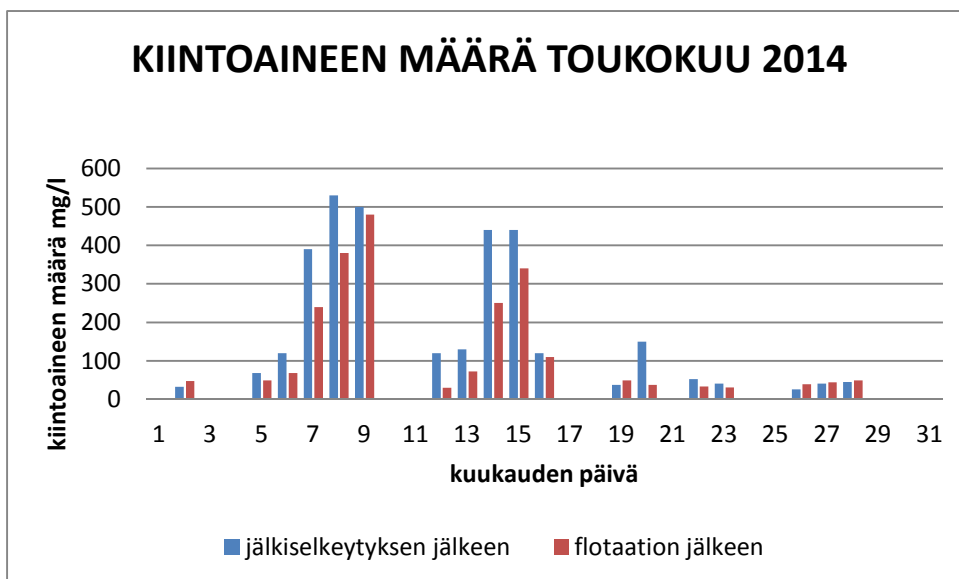
KUVA 66. Liukoisen fosforin reduktio (%) toukokuussa 2014



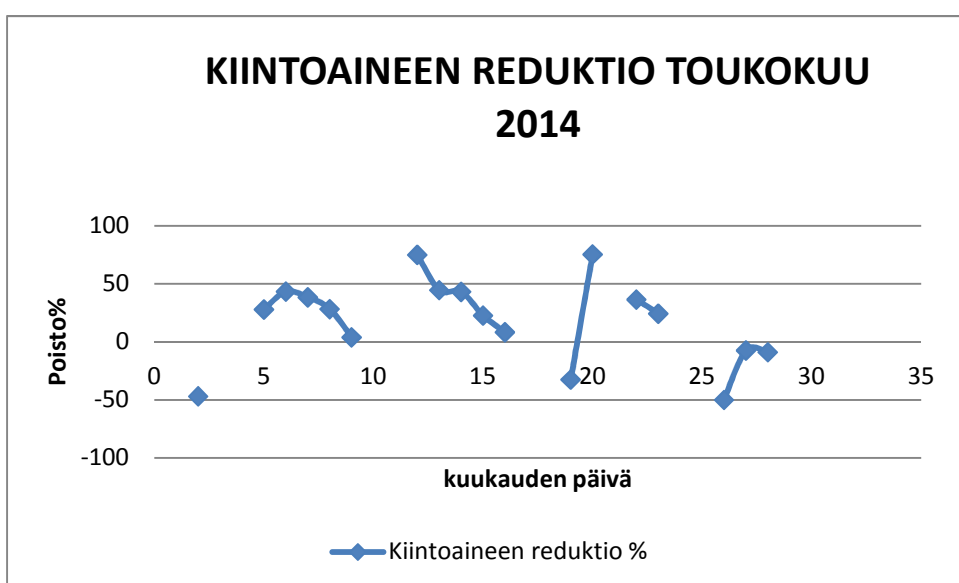
KUVA 67. Kokonaisfosforin mittaustulokset toukokuussa 2014

Toukokuulta liukoisen fosforin vertailtavia mittaustuloksia oli 20 päivältä ja puhdistustulokset olivat positiivisia jokaisen vertailupäivän kohdalla (kuva 65). Kahdena päivänä liukoisen fosforin mittaustulos flotaatiosta lähteneessä vedessä ylitti jo itsessään kokonaisfosforille asetetun luparajan 0,4 mg/l. 15 päivänä liukoisen fosforin mittaustulos puolestaan alitti kokonaisfosforin tavoitearvon 0,2 mg/l. Flotaatio poisti siis liukoista fosforia jälkiselkeytyksestä tulleet vedestä koko kuukauden ajan, joten liukoisen fosforin kaikki poistoreduktiot olivat toukokuussa positiivisia (kuva 66). Yhtenä päivänä liukoisen fosforin poistoreduktio oli tasan 100 prosenttia, eli kyseisenä päivänä flotaatio oli poistanut kaiken liukoisen fosforin vedestä. Muina vertailupäivinä poistoreduktiot vaihtelivat 7,5 ja 82 prosentin välillä. Kokonaisfosforin mittaustuloksia vesistöön johdetusta vedestä oli kuukauden yhdeksältä päivältä (kuva 67). Luparaja 0,4 mg/l ylittyi kaikkina yhdeksänä päivänä ja muutama päivänä vielä todella reippaasti.

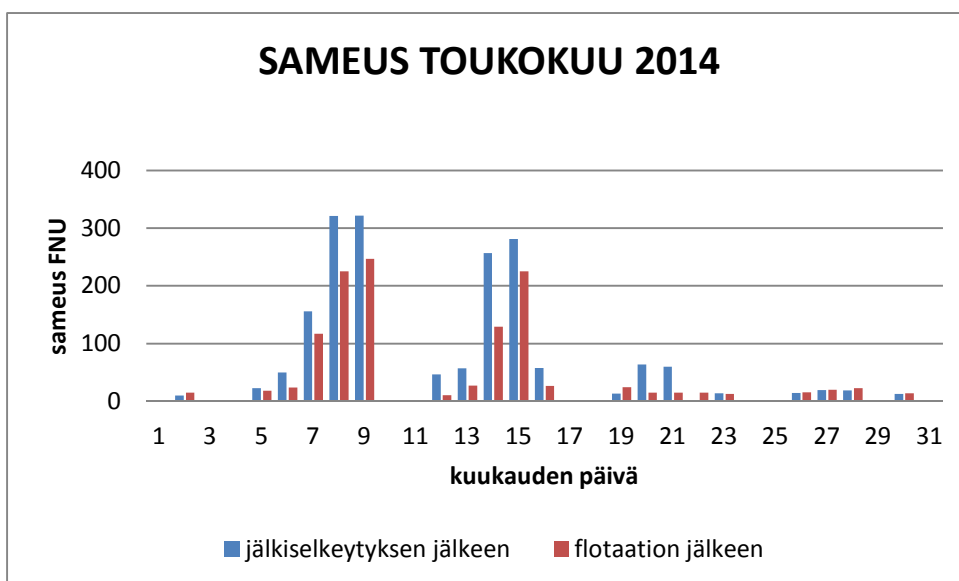
Seuraavaksi tutkittiin toukokuun kiintoaineen ja sameuden mittaustuloksia. Kuvassa 68 on esitetty kiintoaineen mittaustulokset, kuvassa 69 sen poistoreduktiot ja kuvassa 70 on esitetty veden sameudet.



KUVA 68. Kiintoaineen mittaustulokset toukokuussa 2014



KUVA 69. Kiintoaineen reduktio (%) toukokuussa 2014

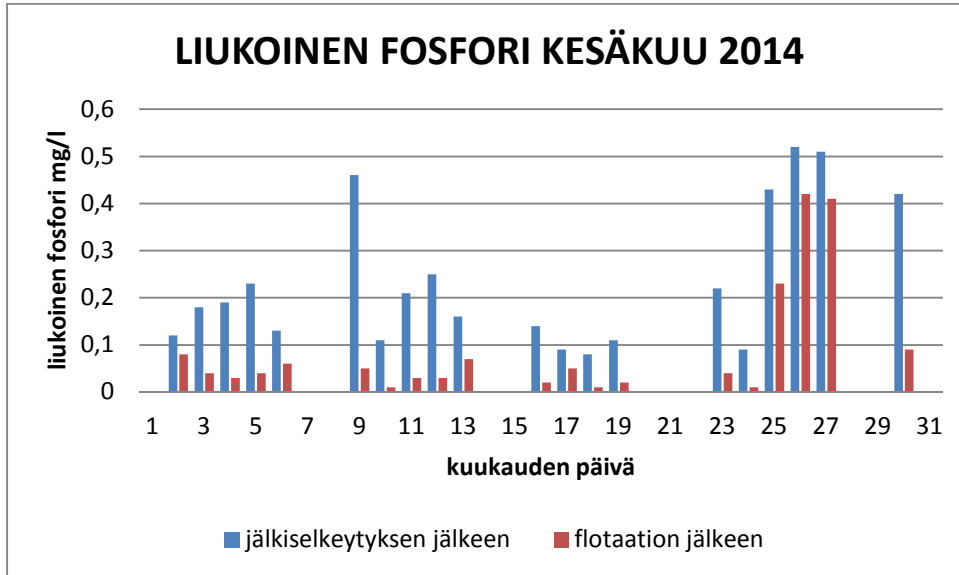


KUVA 70. Sameuden mittaustulokset toukokuussa 2014

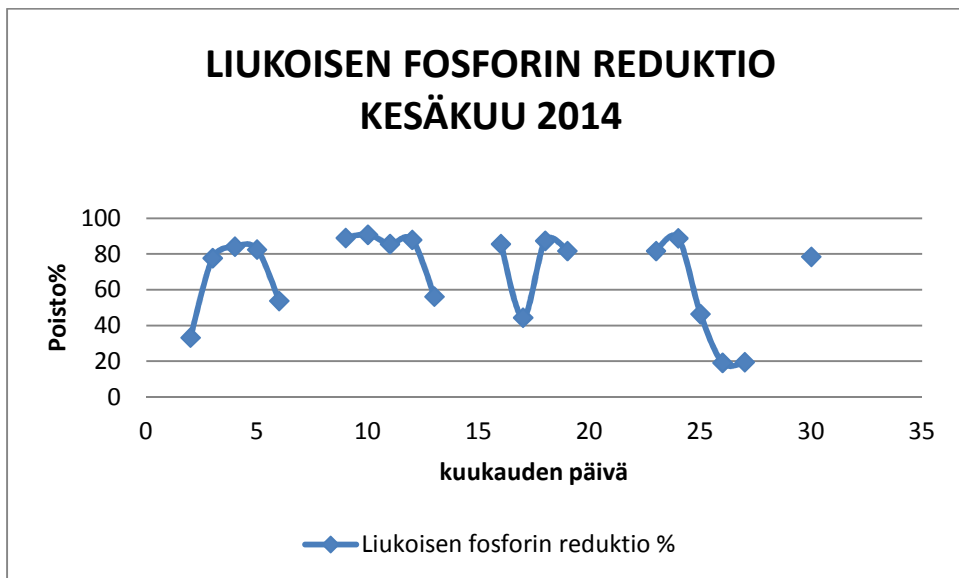
Toukokuulta kiintoaineen vertailtavia mittaustuloksia oli kuukauden 18 päivästä. Flotaatio poisti kiintoainetta vedestä 13 päivänä ja viitenä päivänä puhdistustulos oli negatiivinen. Flotaation jälkeisen veden kiintoainemäärä alitti sille asetetun luparajan 35 mg/l vain kolmena päivänä. Kahtena päivänä flotaatioon tulleen veden kiintoainemäärä oli alle luparajan. Näinä päivinä puhdistustulokset olivat negatiivisia, joten flotaation jälkeisen veden kiintoainemäärät nousivat yli sallitun luparajan. Kiintoaineen määrä jälkiselkeytyksen- tai flotaation jälkeisessä vedessä ei ollut toukokuussa kertaakaan alle 10 mg/l.

Viitenä päivänä flotaatioon tulleen veden kiintoainemäärä ylitti flotaatioprosessin määritetyn kiintoainekuormituksen 300 mg/l. Näinä päivinä suunniteltua puhdistustulosta tai poistoreduktiota ei voida vaatia. Kiintoainemäärät olivat toukokuussa melkoisen korkeita, mistä jo kuvassa 67 esitetyt kokonaisfosforin mittaustulokset antoivat viitteitä. Kiintoaineen positiiviset poistoreduktiot vaihtelivat 4 ja 75 prosentin välillä, eli suunniteltu 98 prosentin poistoreduktio jäi saavuttamatta (kuva 69). Veden sameuden vertailtavia mittaustuloksia oli kuukauden 19 päivästä ja näistä päivistä 13:na vesi oli kirkkaampaa flotaation jälkeen kuin ennen sitä.

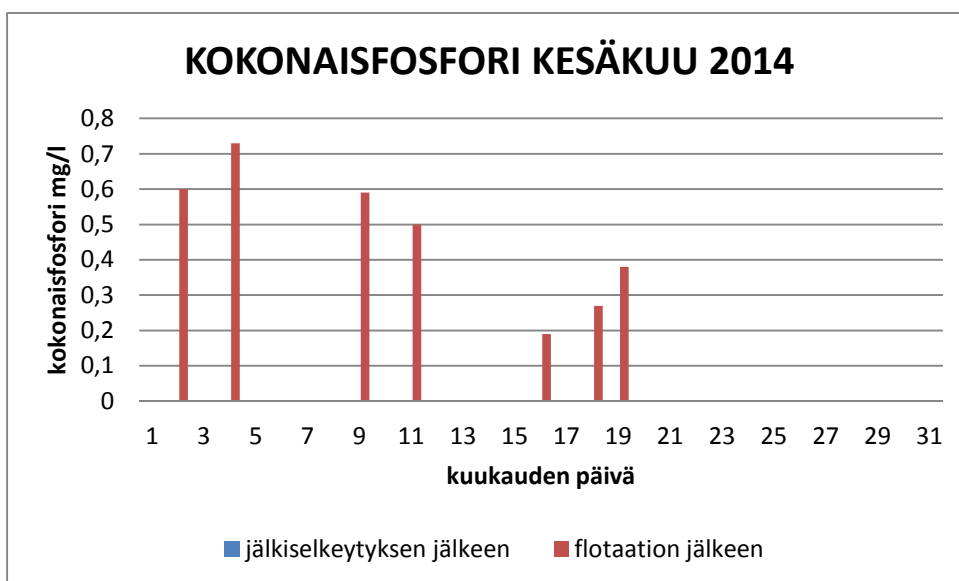
Seuraavaksi vertailtiin kesäkuun 2014 fosforin mittaustuloksia. Kuvassa 71 on esitetty liukoisen fosforin mittaustulokset, kuvassa 72 liukoisen fosforin reduktiot ja kuvassa 73 puhdistamolta lähteneen veden kokonaisfosforipitoisuudet.



KUVA 71. Liukoisen fosforin mittaustuloksia kesäkuussa 2014



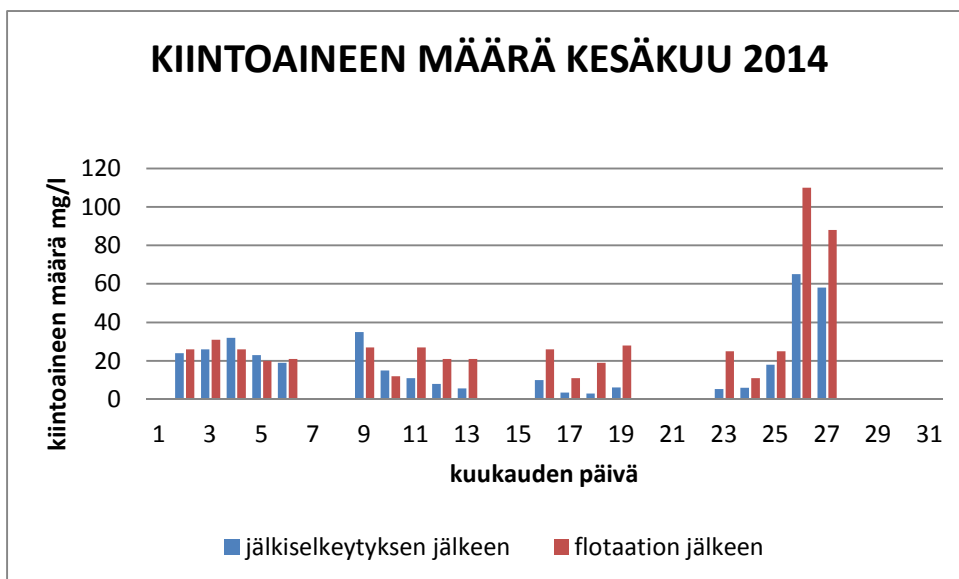
KUVA 72. Liukoisen fosforin reduktio (%) kesäkuussa 2014



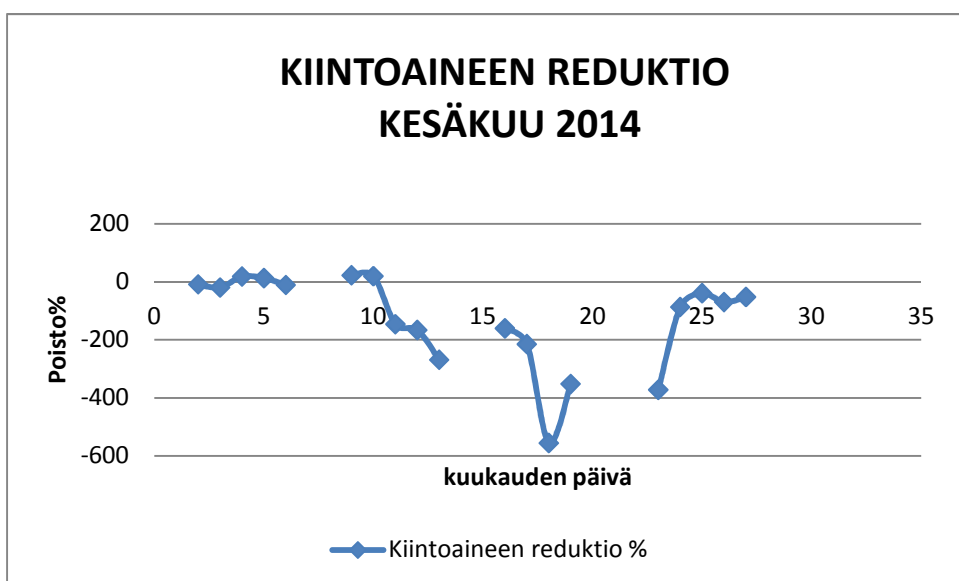
KUVA 73. Kokonaisfosforin mittaustulokset kesäkuussa 2014

Kesäkuulta vertailupäiviä liukoiseen fosforille löytyi 20. Liukoisen fosforin puhdistustulos oli positiivinen jokaisena vertailupäivänä (kuva 71). Kahtena päivänä liukoisen fosforin määrä flotaation jälkeisessä vedessä ylitti kokonaisfosforin luparajan 0,4 mg/l. Muina päivinä liukoisen fosforin pitoisuudet vesistöön johdettussa vedessä antoivat mahdollisuuden kokonaisfosforin luparajan alittamiseen. Myös liukoisen fosforin pitoisuudet flotaatioon tullessa vedessä olivat kohtuullisen alhaisia kesäkuun aikana. Liukoisen fosforin poistoreduktiot vaihtelivat 19 ja 91 prosentin välillä (kuva 72). Kokonaisfosforin mittaustuloksia oli seitsemältä päivältä, joista neljänä luparaja 0,4 mg/l ylittyi. Yhtenä päivänä kokonaisfosforin mittaustulos oli 0,19 mg/l, eli tavoitearvo 0,2 mg/l alittui niukasti. (Kuva 73.) Kesäkuussa kokonaisfosforin luparajan ylitykset eivät tapahtuneet mittaustulosten perusteella liukoisen fosforin vuoksi.

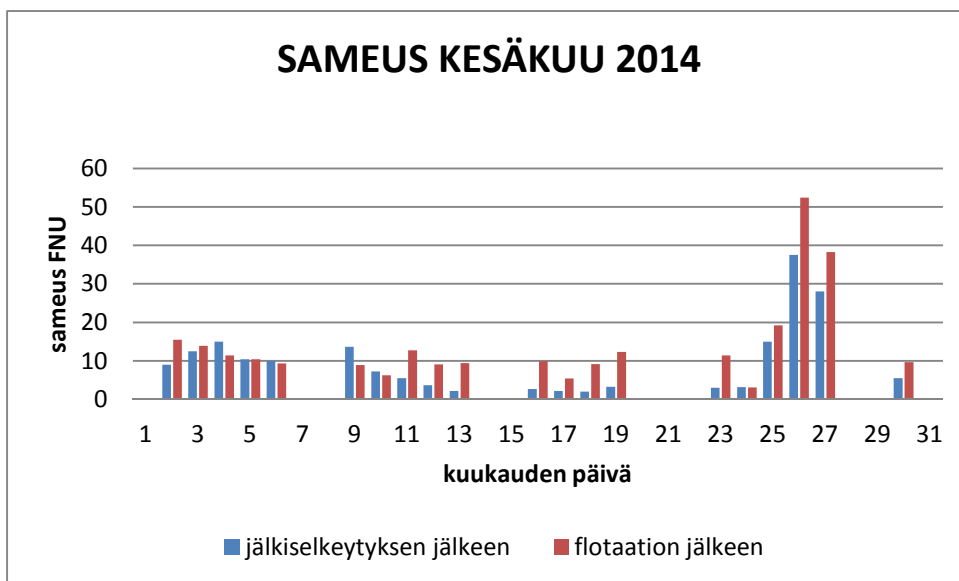
Seuraavaksi tutkittiin kesäkuun kiintoaineen ja sameuden mittaustuloksia. Kuvassa 74 on esitetty kiintoaineen määrät, kuvassa 75 kiintoaineen poistoreduktiot ja kuvassa 76 veden sameudet.



KUVA 74. Kiintoaineen mittaustulokset kesäkuussa 2014



KUVA 75. Kiintoaineen reduktio (%) kesäkuussa 2014



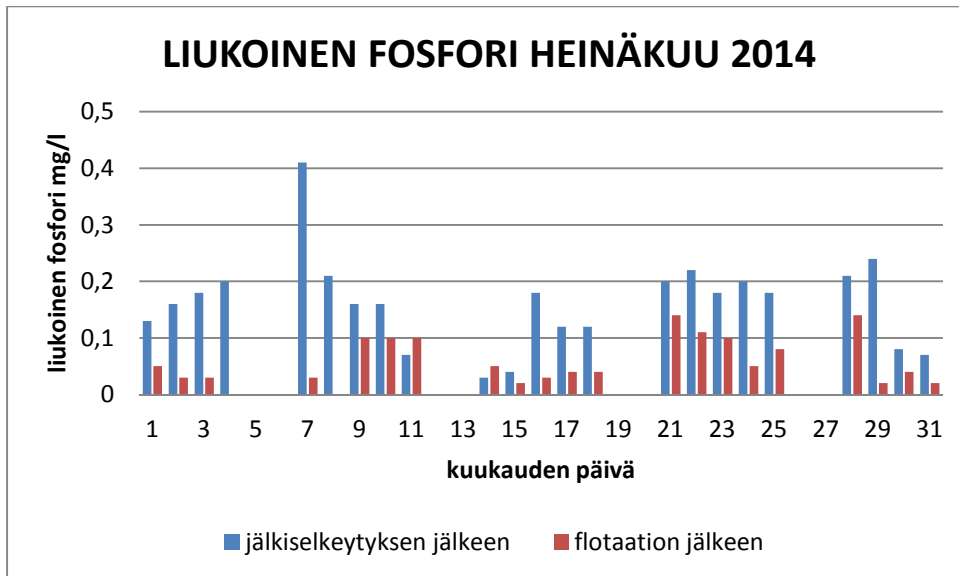
KUVA 76. Sameuden mittaustulokset kesäkuussa 2014

Kiintoaineen mittaustulosten vertailupäiviä kesäkuulta oli yhteensä 19, joista vain neljänä päivänä flotaatio poisti kiintoainetta vedestä (kuva 74). Kahta päivää lukuun ottamatta kiintoaineen määrä flotaation jälkeisessä vedessä ei ylittänyt luparajaa 35 mg/l, mutta tavoiteltua puhdistustulosta 10 mg/l flotaatio ei kuitenkaan saavuttanut. Mittaustulokset osoittivat jälkiselkeytyksen jälkeisen veden kiintoainemäärän olleen kahdeksana päivänä alle flotaatioprosessin tavoitearvon 10 mg/l. Näinä kyseisinä päivinä vesistöön johdetun veden kiintoainemäärät olisivat olleet hyvin pieniä ilman flotaatiota. Positiivisia puhdistustuloksia oli siis neljältä päivältä, jolloin kiintoaineen reduktiot vaihtelivat 13 ja 23 prosentin välillä (kuva 75).

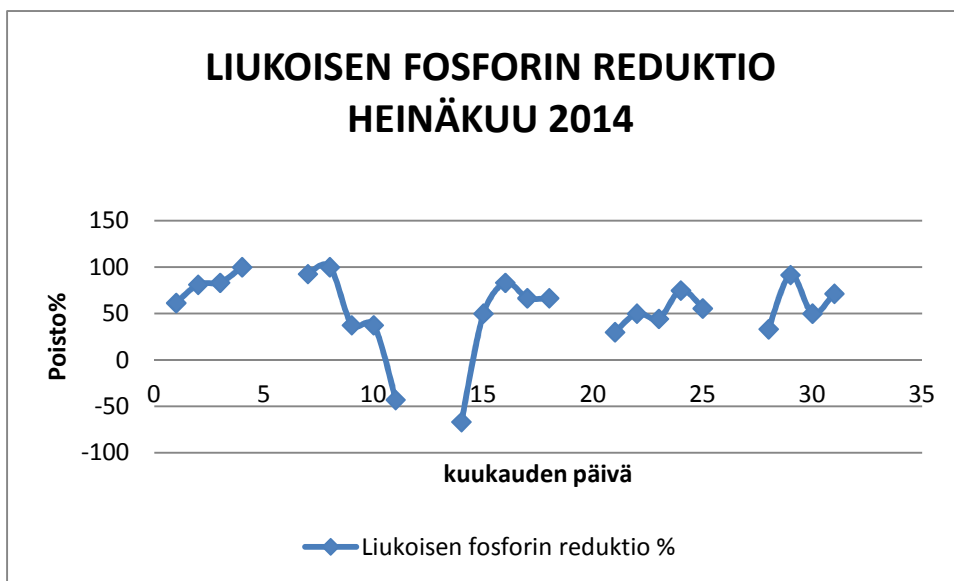
Kiintoaineen poistoteho oli siis kesäkuussa todella huono. Kokonaisfosforin luparajan 0,4 mg/l ylittäneinä päivinä vesistöön johdetun veden kiintoainemäärät olivat kuitenkin vain 26–27 mg/l. Vaikuttaisi siis siltä, että kokonaisfosforin luparajan alittamiseksi vesistöön johdettavan veden kiintoainemäärien on todellakin oltava lähempänä 20 mg/l, niin kuin tutkimuksessa jo aiemmin pohdittiin. Vertailtavia mittaustuloksia veden sameudelle löytyi 20 päivältä (kuva 76). Viitenä päivänä veden sameus pieneni flotaatiossa ja yhtenä päivänä sameus oli

sama ennen flotaatiota ja flotaation jälkeen. 14 päivänä veden sameus kasvoi flotaatiossa.

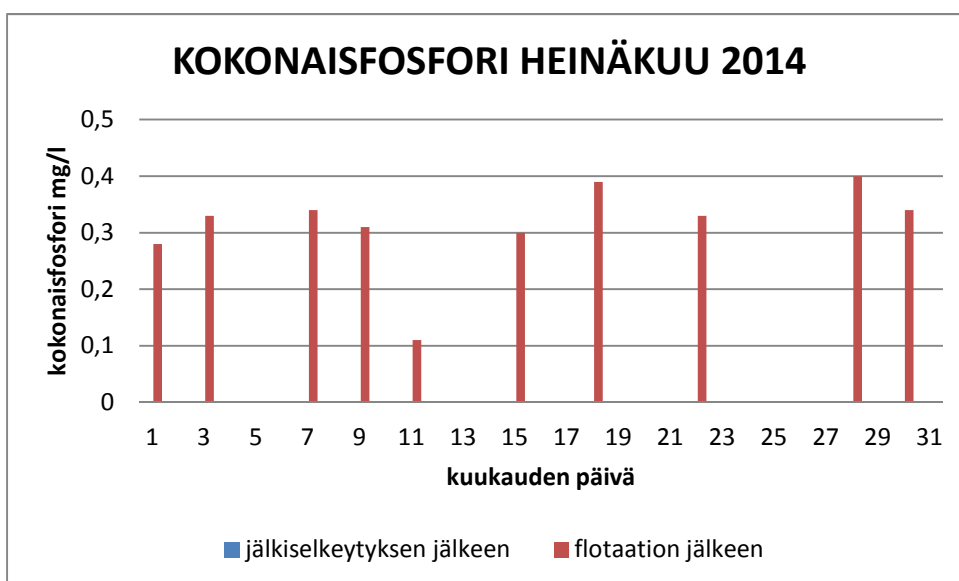
Seuraavaksi tutkittiin heinäkuun 2014 fosforin mittaustuloksia. Kuvassa 77 on esitetty liukoisen fosforin mittaustulokset, kuvassa 78 liukoisen fosforin poistoreduktiot ja kuvassa 79 puhdistamolta vesistöön johdetun veden kokonaisfosforipitoisuudet.



KUVA 77. Liukoisen fosforin mittaustuloksia heinäkuussa 2014



KUVA 78. Liukoisen fosforin reduktio (%) heinäkuussa 2014

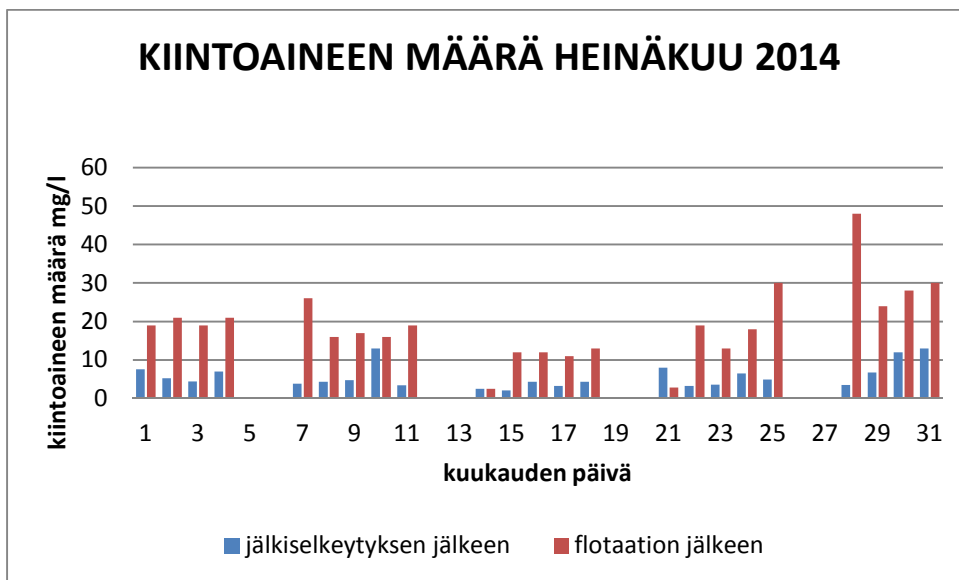


KUVA 79. Kokonaisfosforin mittaustulokset heinäkuussa 2014

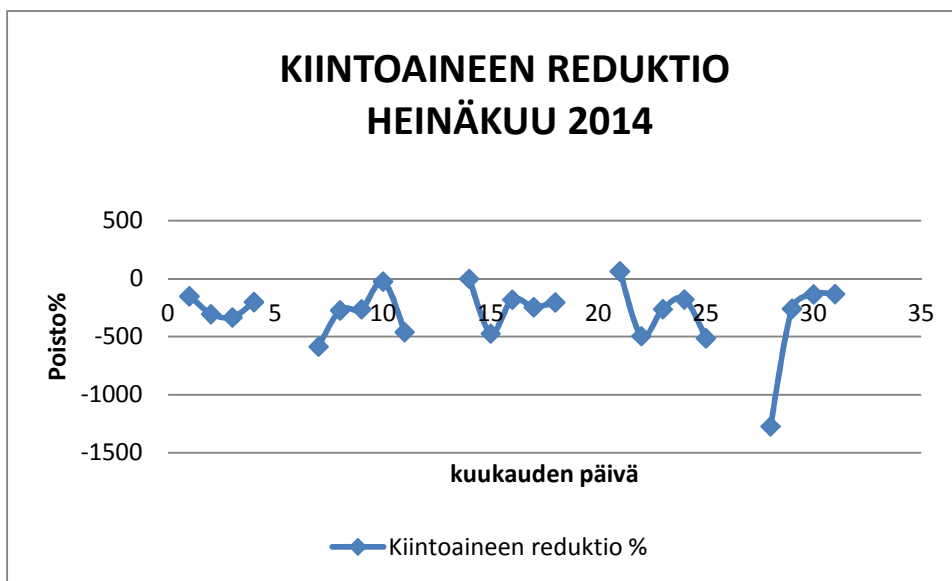
Heinäkuulta liukoisen fosforin mittaustulosten vertailupäiviä oli jopa 23, joista 21 päivää oli puhdistustuloksiltaan positiivisia (kuva 77 ja kuva 78). Positiivisten puhdistustulosten lisäksi liukoisen fosforin pitoisuudet flotaatiosta lähteneestä vedestä olivat kaikkien vertailupäivien kohdalla alle kokonaisfosforin luparajan 0,4 mg/l. Liukoisen fosforin pitoisuudet olivat samalla alle kokonaisfosforin tavoi-

tellun puhdistustuloksen 0,2 mg/l. Kahtena päivänä flotaatio poisti vedestä kai-
ken liukoisen fosforin, joten näinä päivinä reduktiot olivat 100 prosenttia (kuva
52). Muina positiivisina puhdistuspäivinä liukoisen fosforin reduktiot vaihtelivat
30 ja 93 prosentin välillä (kuva 78). Kokonaisfosforin mittaustuloksia oli kymme-
neltä päivältä ja yhtenäkkään päivänä näistä luparaja 0,4 mg/l ei ylittynyt (kuva
79). Heinäkuussa perusprosessin flotaatio poisti tehokkaasti fosforia.

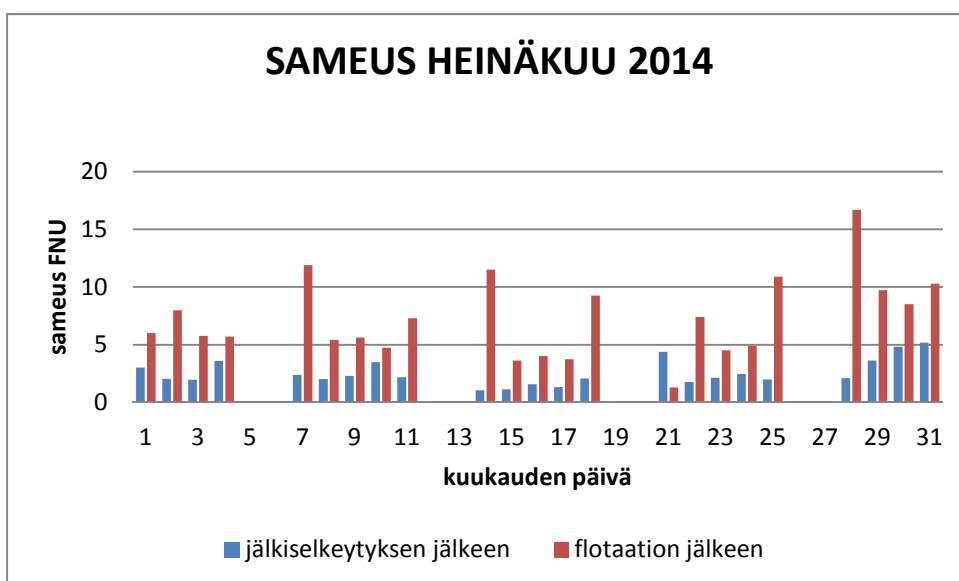
Seuraavaksi tutkittiin heinäkuun kiintoaineen ja sameuden mittaustuloksia. Ku-
vassa 80 on esitetty kiintoaineen mittaustulokset, kuvassa 81 sen reduktiot ja
kuvassa 82 veden sameudet vertailupäivinä.



KUVA 80. Kiintoaineen mittaustulokset heinäkuussa 2014



KUVA 81. Kiintoaineen reduktio (%) heinäkuussa 2014

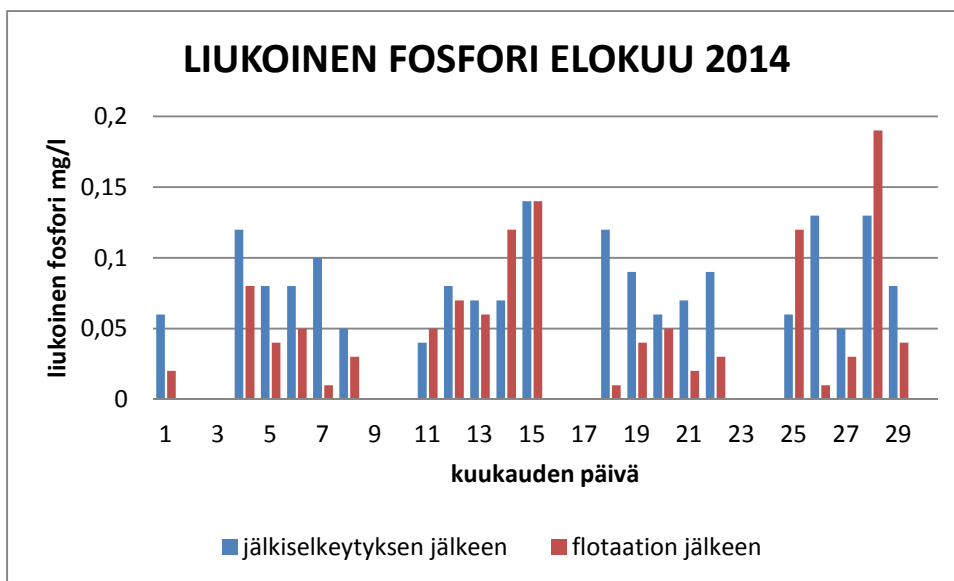


KUVA 82. Sameuden mittaustulokset heinäkuussa 2014

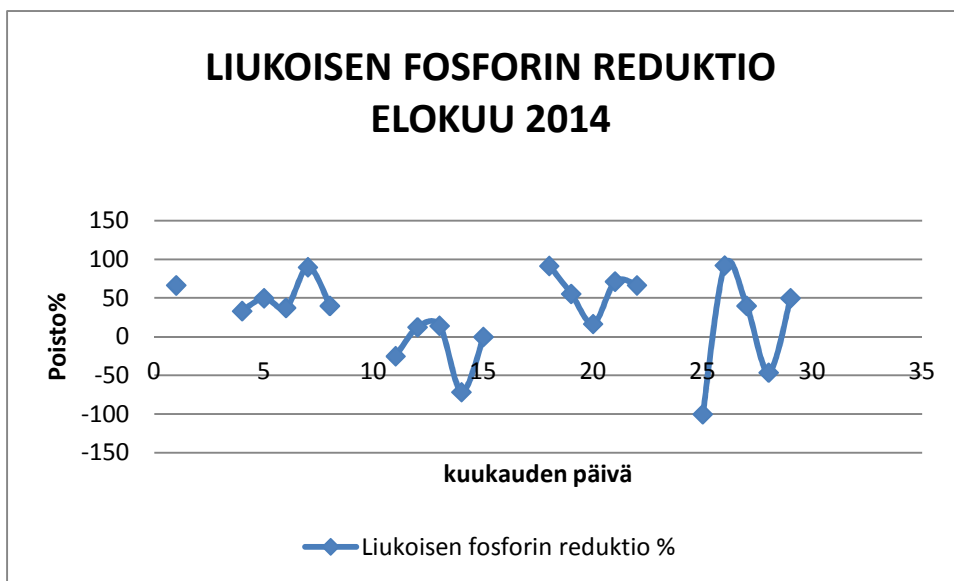
Myös kiintoaineen vertailtavia mittaustuloksia oli heinäkuussa 23 päivältä. Kiintoaineen määrä oli vain yhtenä päivänä pienempi flotaation jälkeen kuin ennen flotaatiota. Yhtenä vertailupäivänä mittaustulokset olivat samoja. Kiintoaineelle asetettu luparaja 35 mg/l ylittyi vain kerran vesistöön johdetussa vedessä. Kiintoaineen määrät flotaation jälkeisessä vedessä olivat siis kohtuullisen alhaisia

heinäkuussa. Flotaatioprosessilla tavoitellun kiintoaineen puhdistustuloksen 10 mg/l flotaatio saavutti vain kahtena päivänä, mutta jälkiselkeytyksestä lähteneen veden kiintoainemäärä oli puolestaan jopa 20 päivänä alle flotaatiolla tavoitellun puhdistustuloksen. Jos näinä 20 päivänä flotaation jälkeisen veden kiintoainemäärät olisivat olleet edes samat kuin jälkiselkeytyksestä flotaatioon tullessa vedessä, vesistöön johdetun veden kiintoainemäärät olisivat olleet lähes koko kuukauden alle 10 mg/l. Heinäkuun ainoana kiintoaineen positiivisena puhdistuspäivänä kiintoaineen poistoreduktio oli 65 prosenttia (kuva 81). Myös veden sameus oli yhtenä päivänä pienempi flotaation jälkeen kuin ennen sitä. Tämä mittaustulos oli juuri kiintoaineen positiivisen puhdistustuloksen kanssa samalta päivältä.

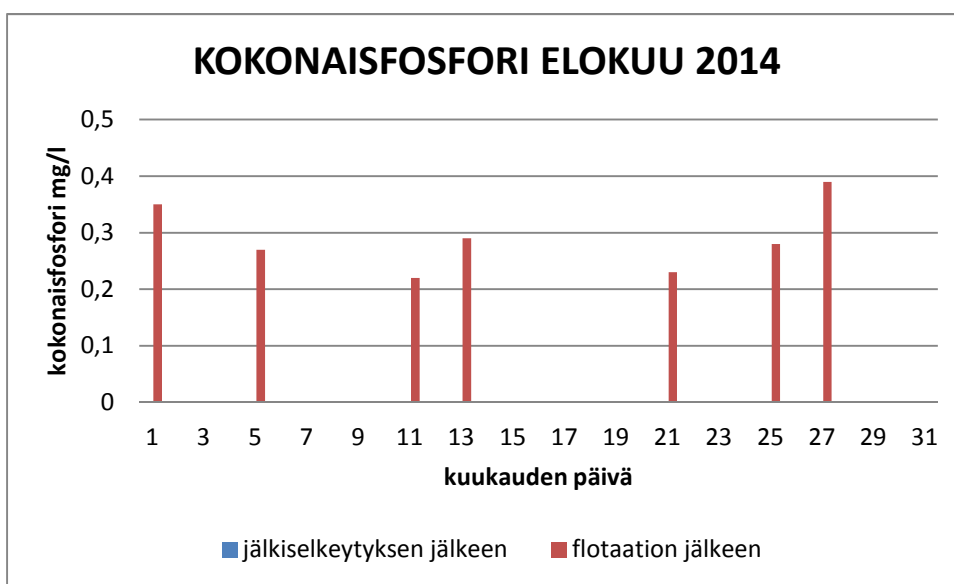
Seuraavaksi tutkittiin elokuun 2014 fosforin mittaustuloksia. Kuvassa 83 on esitetty liukoisen fosforin mittaustulokset, kuvassa 84 sen reduktiot ja kuvassa 85 vesistöön johdetun veden kokonaisfosforipitoisuudet.



KUVA 83. Liukoisen fosforin mittaustuloksia elokuussa 2014



KUVA 84. Liukoisen fosforin reduktio (%) elokuussa 2014

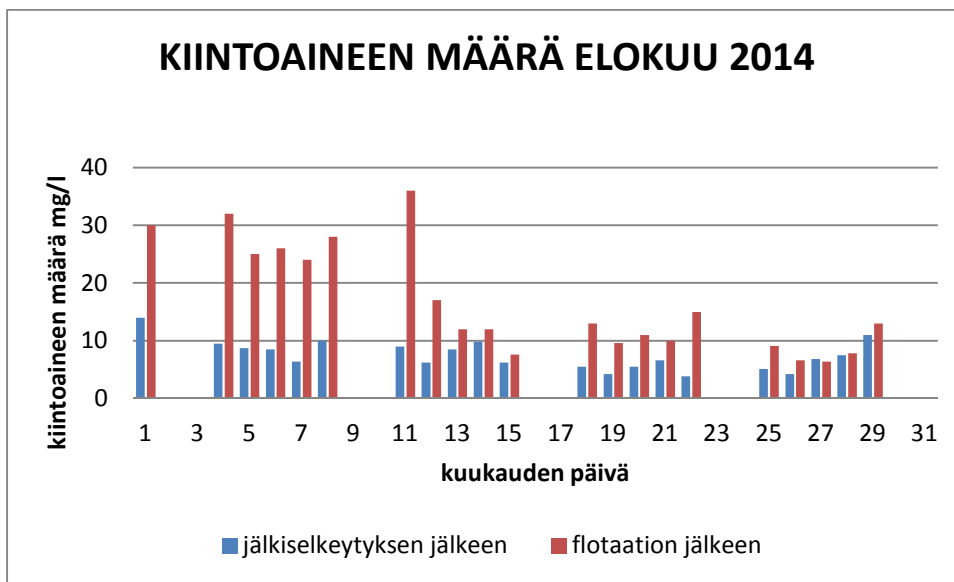


KUVA 85. Kokonaisfosforin mittaustulokset elokuussa 2014

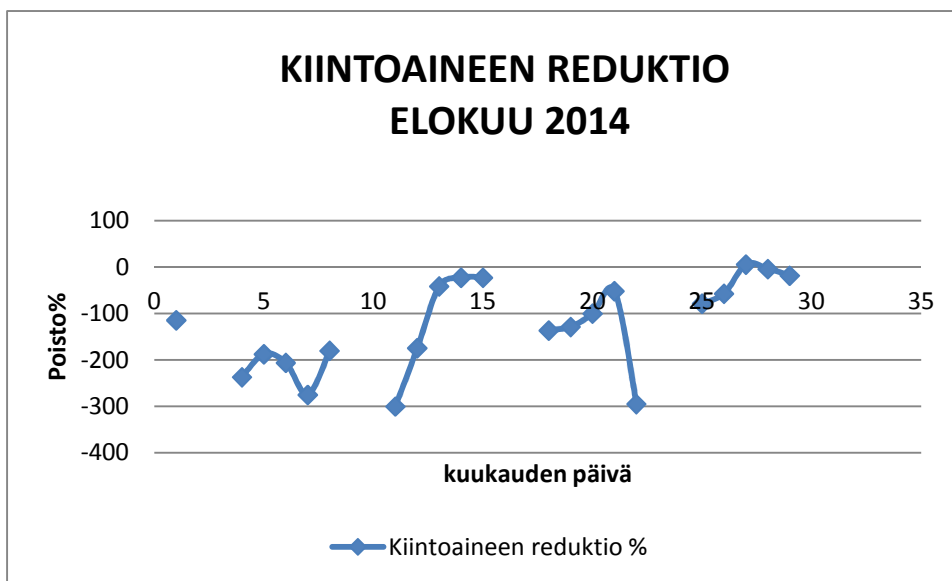
Elokuussa liukoisen fosforin vertailtavia mittaustuloksia oli 21 päivältä (kuva 83). Näistä päivistä 16:na flotaatio poisti liukoista fosforia vedestä ja neljänä päivänä puhdistustulos oli negatiivinen. Yhtenä päivänä liukoisen fosforin pitoisuus vedessä oli sama ennen flotaatiota ja flotaation jälkeen. Elokuussa liukoisen fosforin määrä flotaation jälkeisessä vedessä oli kaikkien mittaustulosten mukaan

alle 0,2 mg/l, vaikka puhdistustulos olikin neljänä päivänä negatiivinen. Tämä kertoo siitä, että jo pelkkä puhdistamon perusprosessi poisti elokuussa vedestä liukoista fosforia melkoisen hyvin. Liukoisen fosforin positiiviset reduktiot vaihtelivat 12,5 ja 92 prosentin välillä (kuva 84). Kokonaisfosforin mittaustuloksia oli seitsemältä päivältä ja kaikkina päivinä näistä kokonaisfosforipitoisuus vesistöön johdetussa vedessä jäi alle sallitun luparajan 0,4 mg/l (kuva 85).

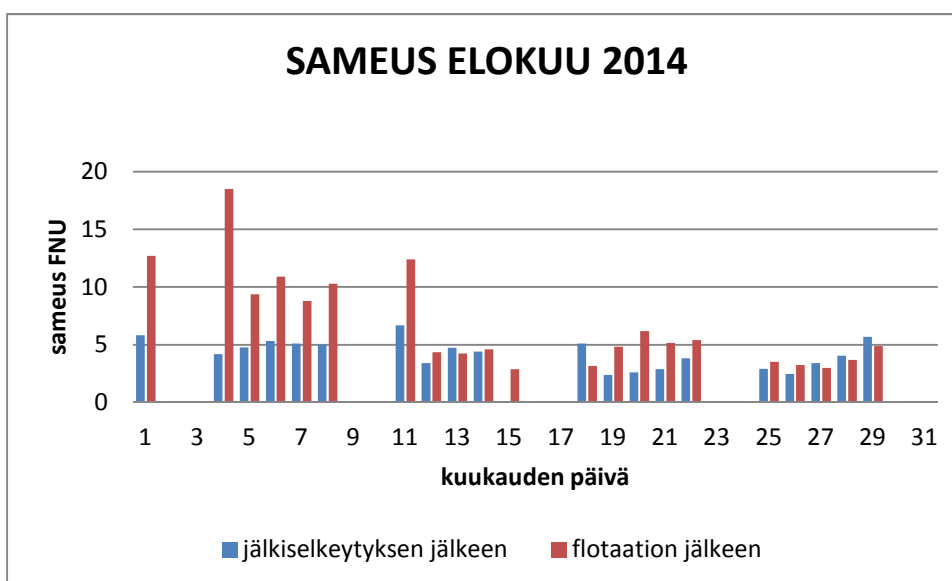
Seuraavaksi vertailtiin elokuun kiintoaineen ja sameuden mittaustuloksia. Kuvassa 86 on esitetty kiintoaineen mittaustulokset, kuvassa 87 kiintoaineen poistoreduktiot ja kuvassa 88 on esitetty veden sameudet.



KUVA 86. Kiintoaineen mittaustulokset elokuussa 2014



KUVA 87. Kiintoaineen reduktio (%) elokuussa 2014



KUVA 88. Sameuden mittaustulokset elokuussa 2014

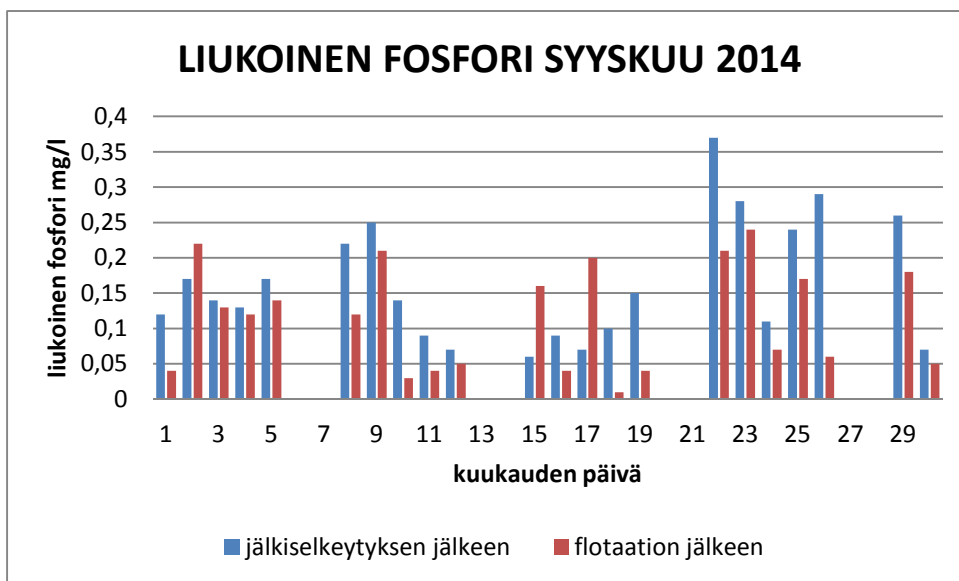
Myös kiintoaineen vertailtavia mittaustuloksia oli elokuulta 21 päivälle (kuva 86). Näistä päivistä puhdistustulos oli negatiivinen 20 kertaa, eli vain yhtenä päivänä flotaatio poisti kiintoainetta jälkiselkeytyksestä tulleen vedestä. Jälkiselkeytyksestä tulleen veden kiintoainemäärä oli mittaustulosten mukaan joka kerta alle puhdistamolle asetetun luparajan 35 mg/l. Kiintoaineen huonon poistotehon

vuoksi yhtenä päivänä flotaation jälkeisen veden kiintoainemäärä nousi niukasti yli sallitun rajan. Kyseisenä päivänä flotaatioon tullessa vedessä oli kiintoainetta vain 9 mg/l, eli ilman flotaatiota vesistöön johdetun veden kiintoainemäärä olisi ollut luparajan lisäksi alle flotaatiolla tavoitellun puhdistustuloksen 10 mg/l. Seitsemänä päivänä kiintoaineen määrä flotaation jälkeisessä vedessä kuitenkin alitti puhdistustavoitteen 10 mg/l, mutta näistä päivistä kuutena flotaation puhdistustulos oli negatiivinen.

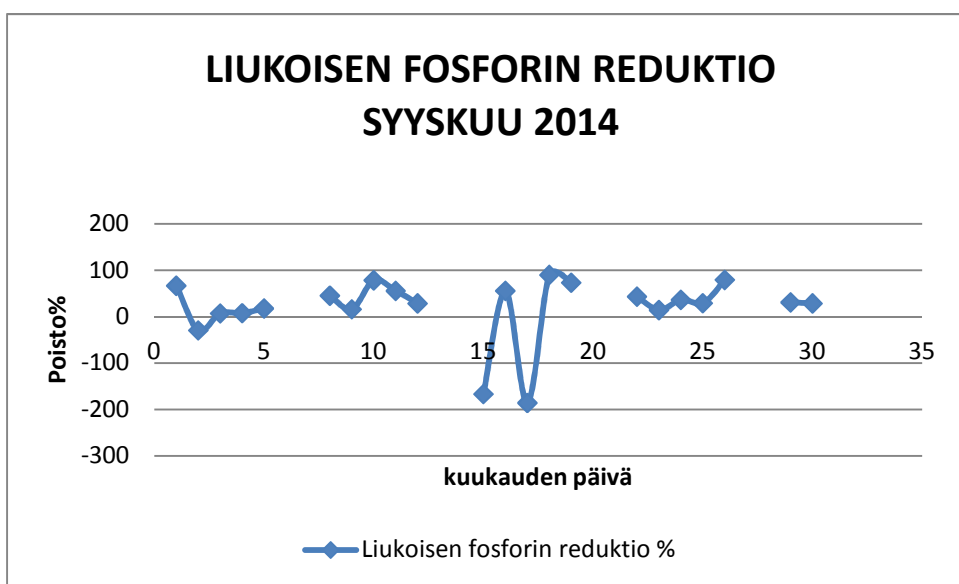
Elokuussa puhdistamon perusprosessi poisti kiintoainetta vedestä todella tehokkaasti, sillä 19 päivänä 21:stä jälkiselkeytyksen jälkeisen veden kiintoainemäärä oli alle 10 mg/l. Jos flotaatioprosessi olisi pystynyt näinä päivinä pitämään puhdistetun veden kiintoainemäärän edes samana, olisi vesistöön johdettu vesi ollut todella puhdasta. Myös kokonaisfosforilla olisi tällöin lähennelty tavoiteltua puhdistustulosta 0,2 mg/l.

Sameuden vertailtavia mittaustuloksia oli 21 päivältä, joista kuutena päivänä veden sameus pieneni flotaatiossa (kuva 88). Näistä kuudesta päivästä viitenä kiintoaineen määrä vedessä kuitenkin lisääntyi flotaatiossa. Voidaan siis todeta, että veden sameus ja kiintoaine eivät ole suoraan yhteydessä toisiinsa.

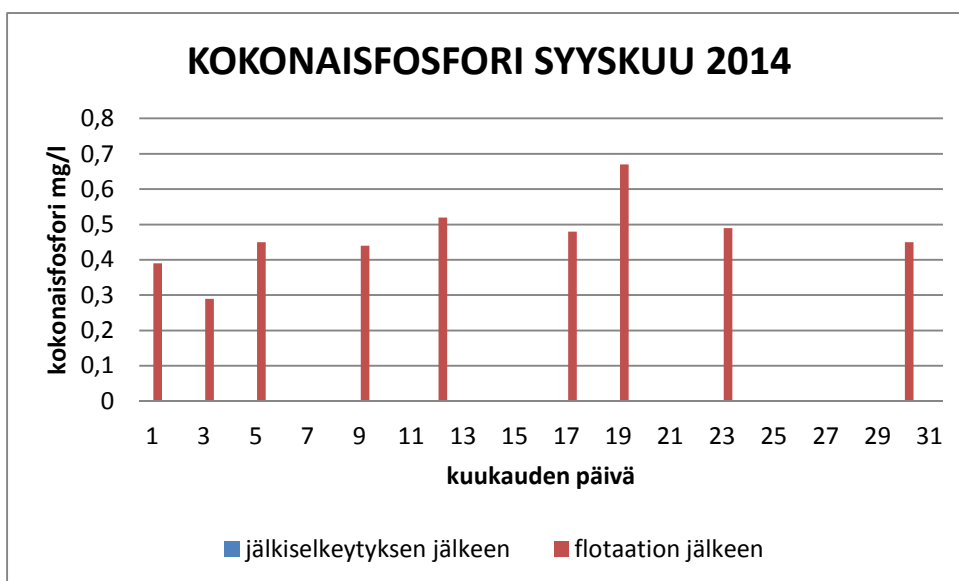
Seuraavaksi vertailtiin syyskuun 2014 mittaustuloksia. Kuvassa 89 on esitetty liukoisen fosforin mittaustulokset, kuvassa 90 liukoisen fosforin reduktiot ja kuvassa 91 puhdistamolta lähteneen veden kokonaisfosforipitoisuudet.



KUVA 89. Liukoisen fosforin mittaustuloksia syyskuussa 2014



KUVA 90. Liukoisen fosforin reduktio (%) syyskuussa 2014

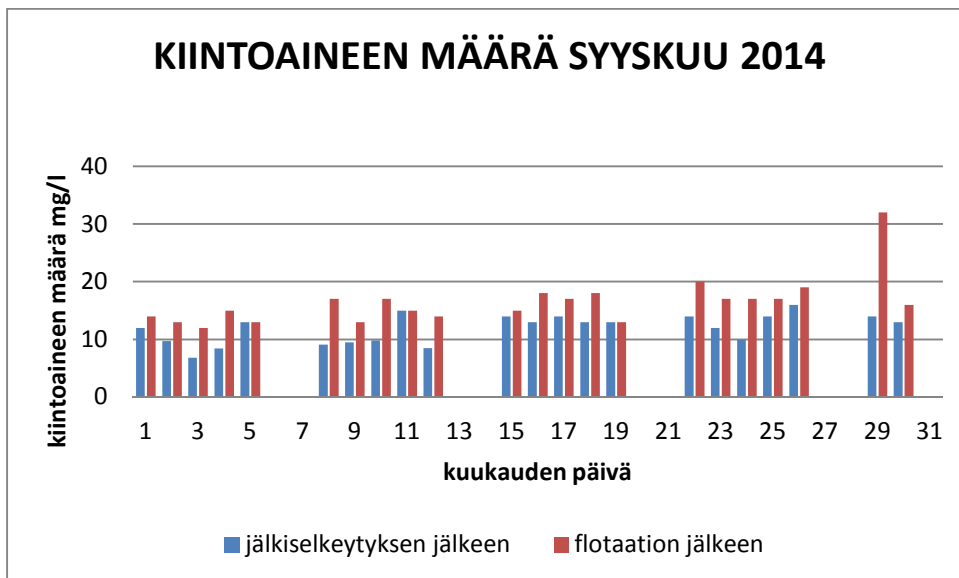


KUVA 91. Kokonaisfosforin mittaustulokset syyskuussa 2014

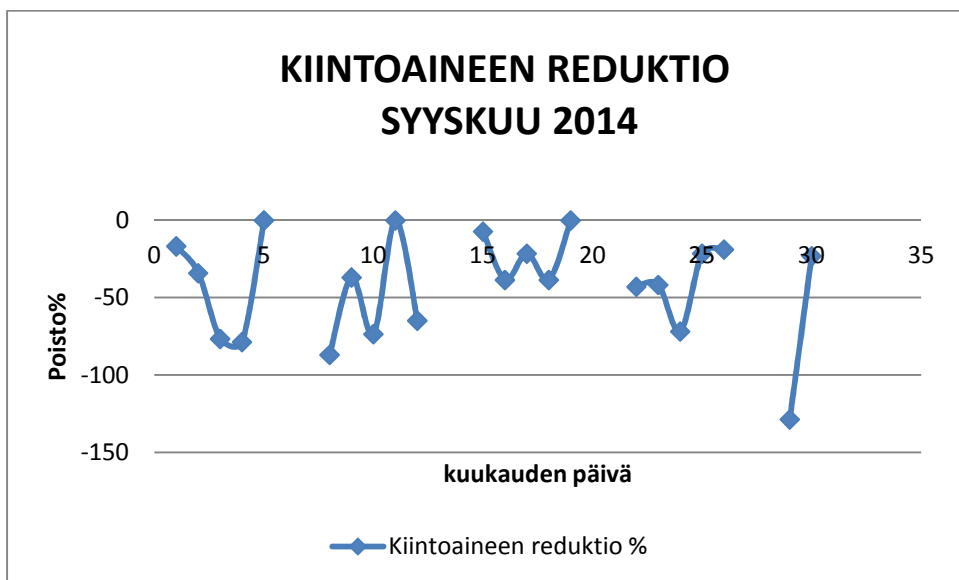
Syyskuulta vertailtavia liukoisen fosforin mittaustuloksia oli 22 päivältä. Puhdistustulos oli 19 päivänä positiivinen ja kolmena negatiivinen. Flotaation jälkeisen veden liukoisen fosforin määrä oli neljänä päivänä yli kokonaisfosforin tavoitellun puhdistustuloksen 0,2 mg/l. Näistä neljästä päivästä yhtenä liukoisen fosforin pitoisuus oli ennen flotaatiota alle kokonaisfosforin tavoitellun puhdistustuloksen 0,2 mg/l ja kolmena päivänä puolestaan yli. Näinä kolmena päivänä floataatio kuitenkin poisti liukoista fosforia vedestä, mutta reduktiot olivat vain 16–43 prosenttia. Kokonaisuudessaan liukoisen fosforin positiiviset reduktiot vaihtelivat 7 ja 90 prosentin välillä (kuva 90).

Kokonaisfosforin mittaustuloksia puhdistamolta vesistöön johdetusta vedestä löytyi syyskuulta yhdeksältä päivältä (kuva 91). Seitsemänä päivänä näistä kokonaisfosforille asetettu luparaja 0,4 mg/l ylittyi. Kahtena päivänä pysyttiin sallitun rajan alapuolella. Toisena päivänä näistä mittaustulos tosin oli 0,39 mg/l, eli myös tällöin luparaja oli lähellä ylittyä. Kokonaisfosforin tavoiteltua puhdistustulosta 0,2 mg/l ei saavutettu syyskuussa.

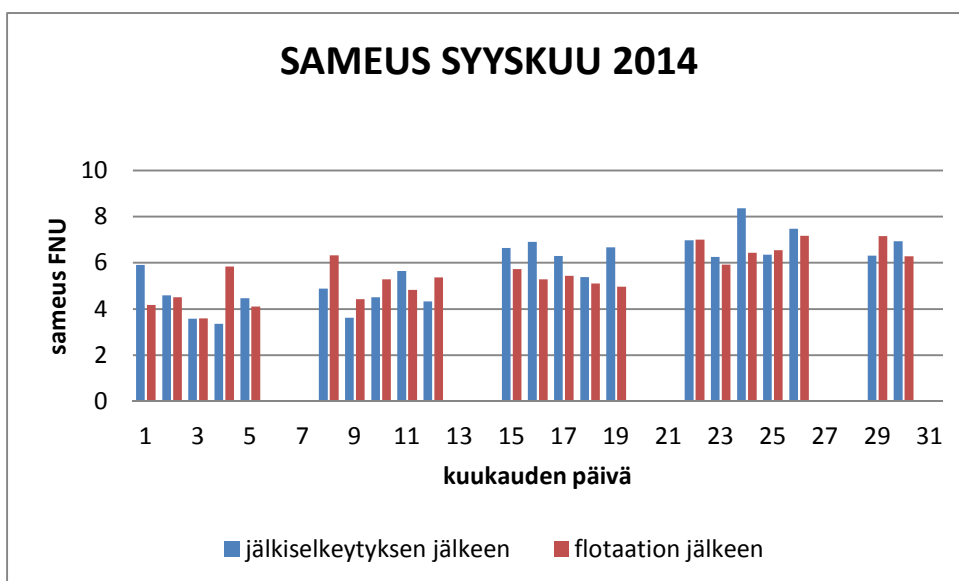
Seuraavaksi tutkittiin syyskuun kiintoaineen ja sameuden mittaustuloksia. Kuvassa 92 on esitetty kiintoaineen mittaustulokset, kuvassa 93 kiintoaineen reduktiot ja kuvassa 94 veden sameudet.



KUVA 92. Kiintoaineen mittaustulokset syyskuussa 2014



KUVA 93. Kiintoaineen reduktio (%) syyskuussa 2014



KUVA 94. Sameuden mittaustulokset syyskuussa 2014

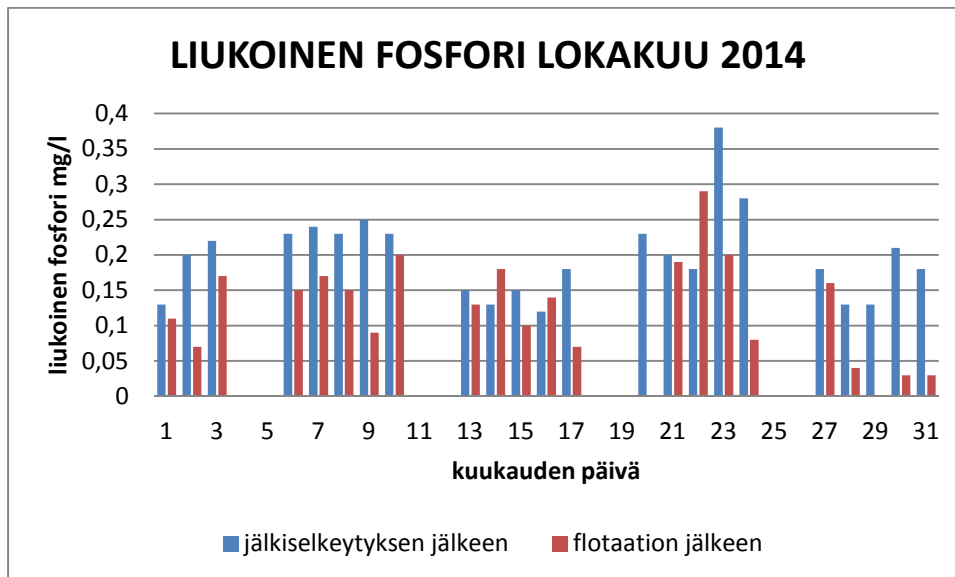
Myös kiintoaineen vertailtavia mittaustuloksia on syyskuulta 22 päivältä (kuva 92). Näinä päivinä flotaatio ei poistanut kiintoainetta vedestä yhtään kertaa, mutta kolmena päivänä kiintoaineen määrä oli sama ennen flotaatiota ja flotaation jälkeen. Puhdistustulos oli negatiivinen kuukauden 19 päivänä. Kiintoaineen määrä ei ylittänyt syyskuussa puhdistamolle asetettua kiintoaineen luparajaa 35 mg/l flotaation jälkeisessä vedessä. Flotaatioprosessi ei kuitenkaan saavuttanut yhtään kertaa kiintoaineen puhdistustavoitetta 10 mg/l. Jälkiselkeytyksestä flotaatioon tulleen veden kiintoainemäärä oli puolestaan kahdeksana päivänä alle edellä mainitun puhdistustavoitteen. Ilman flotaatiota vesistöön johdetun veden kiintoainemäärät olisivat olleet koko syyskuun todella pieniä.

Kaikkina kokonaisfosforin luparajan 0,4 mg/l ylittäneinä päivinä flotaation jälkeisen veden kiintoainemäärät olivat kuitenkin alle 20 mg/l. Seitsemästä kokonaisfosforin luparajan ylittäneestä päivästä viitenä luparaja olisi alittunut, jos flotaatio olisi onnistunut poistamaan vedestä kaiken tai edes suurimman osan liukoisesta fosforista. Kuukauden viidentenä päivänä vesistöön johdetussa vedessä oli kiintoainetta vain 13 mg/l. Kokonaisfosforipitoisuus vedessä oli kuitenkin 0,45 mg/l, josta liukoisen fosforin osuus oli 0,14 mg/l. Kokonaisfosforin luparajan 0,4 mg/l

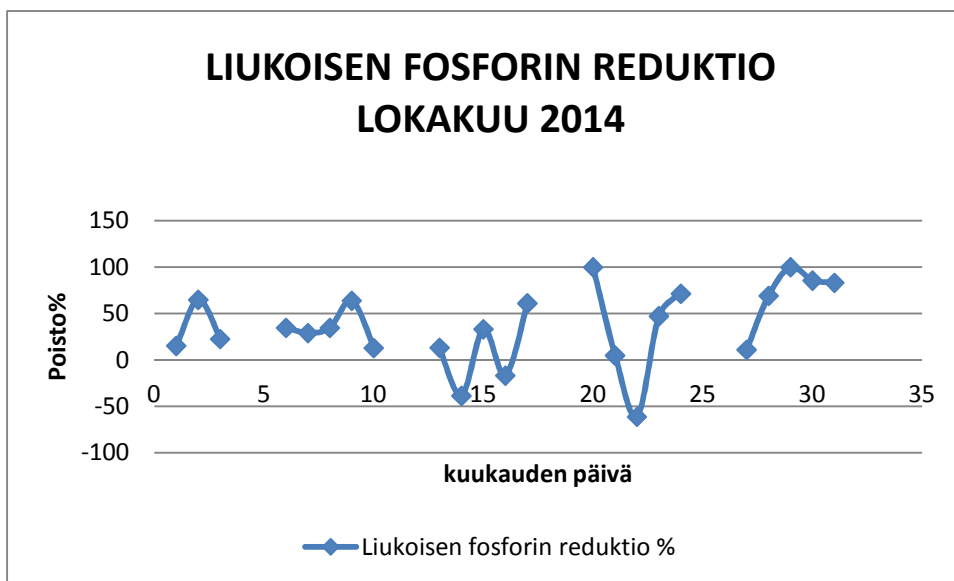
alittamiseksi ei siis pelkkä pieni kiintoainemäärä riitä, vaan flotaation on onnistuttava poistamaan myös tehokkaasti liukoista fosforia vedestä.

Vertailtavia mittaustuloksia veden sameudelle oli kuukauden 22 päivältä. Kiintoaineen määrä flotaatiossa kasvoi kaikkina vertailupäivinä, mutta veden sameus oli kuitenkin 13 päivänä pienempi flotaation jälkeen kuin ennen flotaatiota (kuva 94).

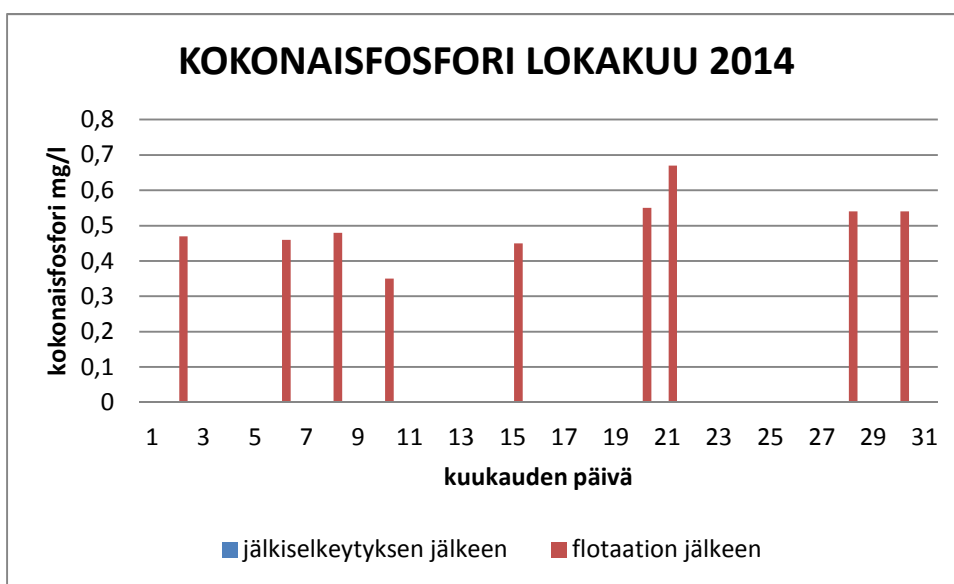
Seuraavaksi tutkittiin lokakuun 2014 fosforin mittaustuloksia. Liukoisen fosforin mittaustulokset on esitetty kuvassa 95, liukoisen fosforin poistoreduktiot kuvassa 96 ja vesistöön johdetun veden kokonaisfosforit kuvassa 97.



KUVA 95. Liukoisen fosforin mittaustuloksia lokakuussa 2014



KUVA 96. Liukoisen fosforin reduktio (%) lokakuussa 2014

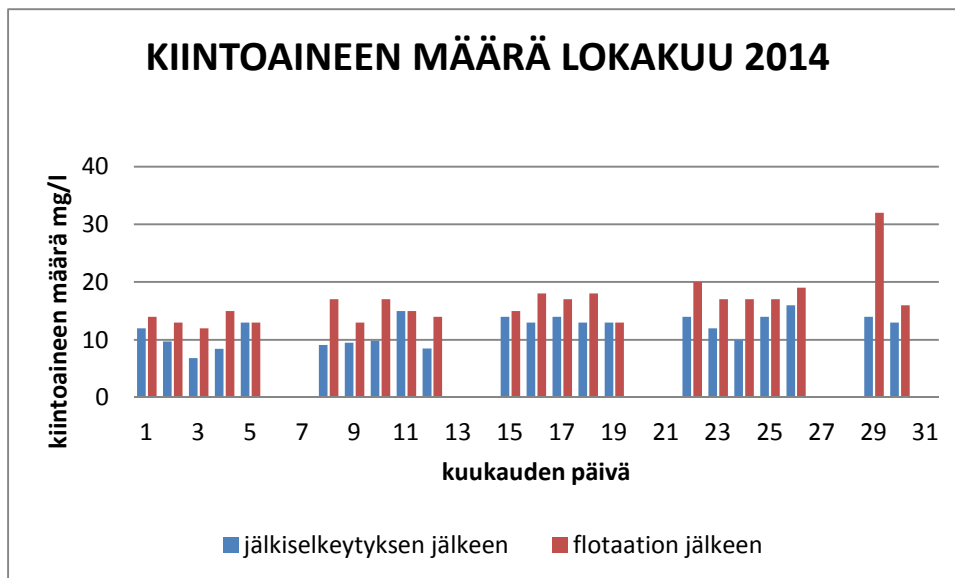


KUVA 97. Kokonaisfosforin mittaustulokset lokakuussa 2014

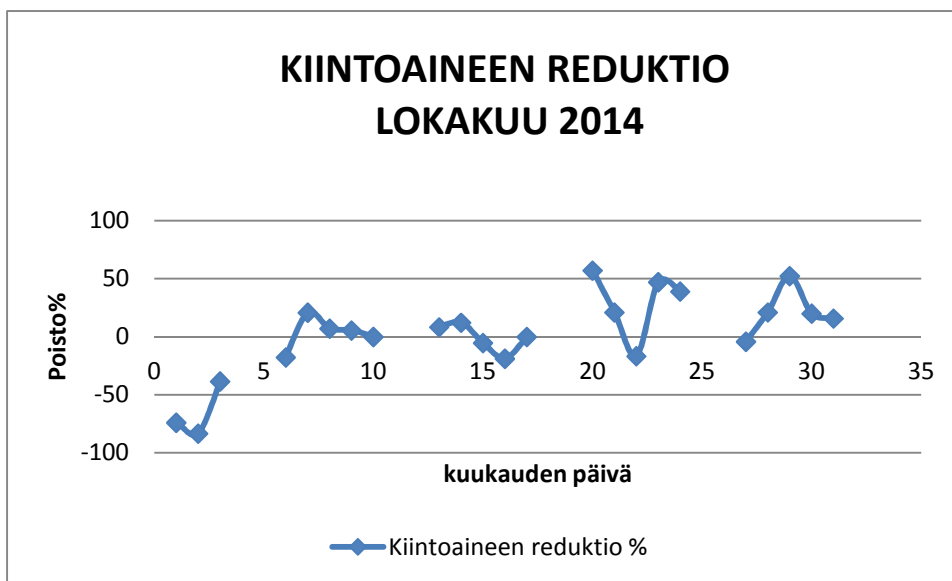
Liukoisen fosforin vertailtavia mittaustuloksia lokakuulta oli 23 päivälle (kuva 95). Näistä päivistä kolmena puhdistustulos oli negatiivinen ja 20 päivänä flotaatio onnistui poistamaan vedestä liukoista fosforia. Kahtena päivänä liukoisen fosforin mittaustulos flotaation jälkeen oli 0 mg/l, eli näinä päivinä flotaatio poisti vedestä kaiken liukoisen fosforin. Reduktiot olivat kyseisinä päivinä 100 pro-

senttia (kuva 96). Kuvasta 95 liukoisen fosforin 0 mg/l mittaustuloksia ei voi huomata. Muiden positiivisten puhdistustulosten reduktiot vaihtelivat 5 ja 86 prosentin välillä. Liukoisen fosforin poistotehossa oli siis melkoista hajontaa lokakuussa. Kokonaisfosforin mittaustuloksia lokakuulta oli kuukauden yhdeksältä päivältä ja näistä päivistä vain yhtenä puhdistustulos oli alle puhdistamolle asetetun kokonaisfosforin luparajan 0,4 mg/l. Kokonaisfosforin puhdistustavoitetta 0,2 mg/l flotaatio ei kuitenkaan kyseisenä päivänä saavuttanut. (Kuva 97.)

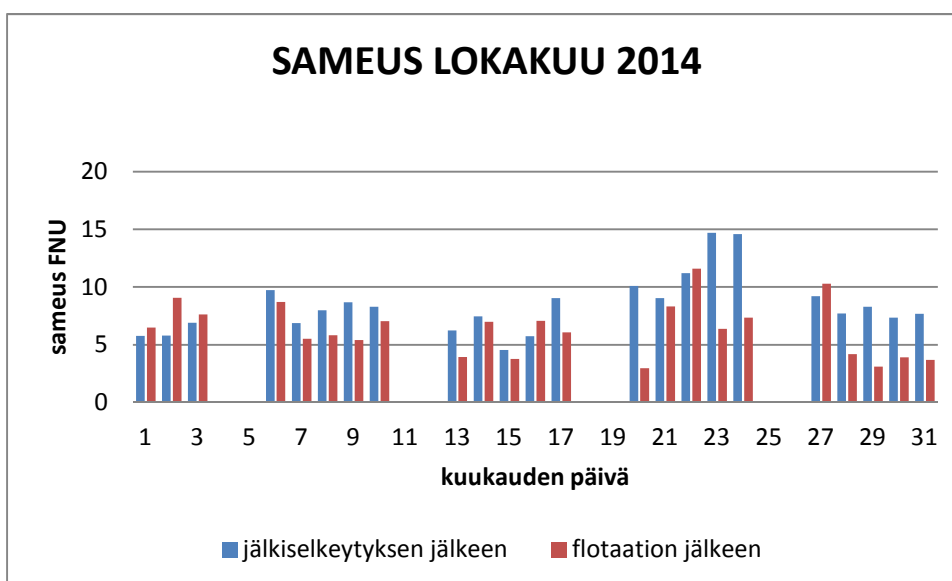
Seuraavaksi vertailtiin lokakuun kiintoaineen ja sameuden mittaustuloksia. Kuvassa 98 on esitetty kiintoaineen mittaustulokset, kuvassa 99 sen reduktiot ja kuvassa 100 on esitetty veden sameudet.



KUVA 98. Kiintoaineen mittaustulokset lokakuussa 2014



KUVA 99. Kiintoaineen reduktio (%) lokakuussa 2014



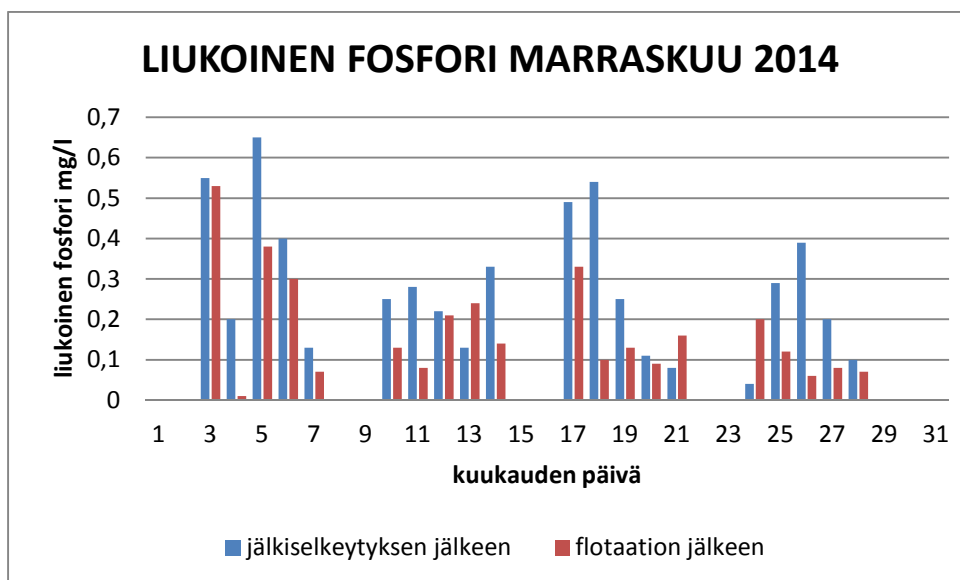
KUVA 100. Sameuden mittaustulokset lokakuussa 2014

Myös lokakuulta kiintoaineen vertailtavia mittaustuloksia löytyi 23 päivältä. Näistä päivistä 13:na flotaatio poisti kiintoainetta vedestä ja kahtena päivänä mittausulos oli sama ennen flotaatiota ja flotaation jälkeen (kuva 98). Vesistöön johdetun veden kiintoainemäärä ei ylittänyt puhdistamolle asetettua puhdistusvaatimusta 35 mg/l yhtään kertaa, mutta puhdistustavoitteen 10 mg/l flotaatio saa-

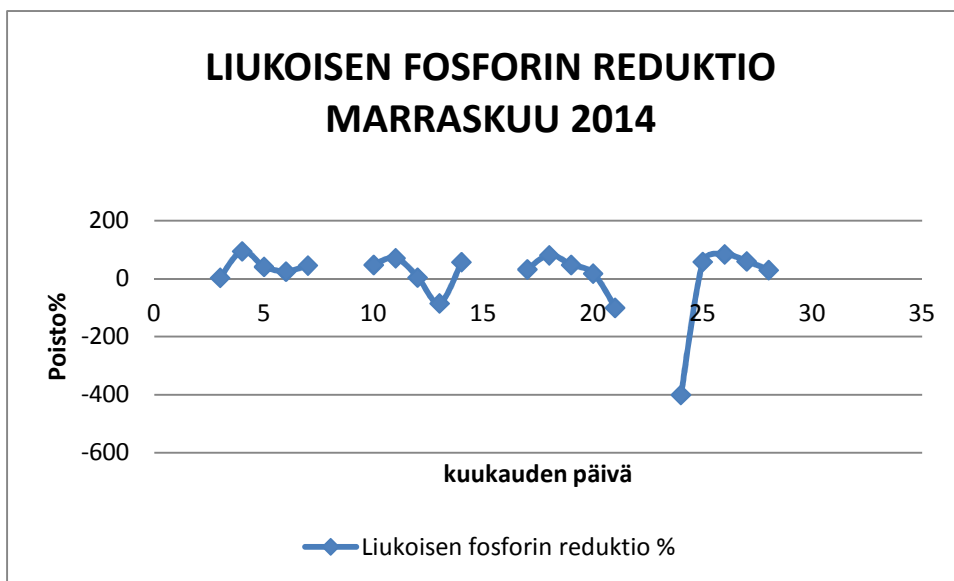
vutti vain viitenä päivänä. Kiintoaineen positiiviset reduktiot vaihtelivat 6 ja 57 prosenttien välillä, eli kiintoaineen poistoteho oli lokakuussa melko huono (kuva 99). Flotaatiolla tavoiteltu kiintoaineen poistoreduktio on kuitenkin 98 prosenttia.

Kaikkina kokonaisfosforin luparajan 0,4 mg/l ylittäneinä päivinä flotaation jälkeisen veden kiintoainemäärät olivat alle 22 mg/l. Kahdeksasta luparajan ylittäneestä päivästä neljänä kokonaisfosforin luparaja 0,4 mg/l olisi alittunut, jos flotaatio olisi onnistunut poistamaan vedestä kaiken tai ainakin suurimman osan liukoisesta fosforista. Kokonaisfosforin luparajan alittamiseksi vesistöön johdettavan veden kiintoainemäärien pitäisi jäädä nähtävästi alle 20 mg:aan/l ja liukoisen fosforin flotaatio saisi poistaa vedestä lähes kokonaan. Mittaustulosten mukaan veden sameus pieneni flotaatiossa kuukauden 17 päivänä (kuva 100). Veden sameus pieneni päivinä, jolloin kiintoaineen määrä vedessä oli sama ennen flotaatiota ja flotaation jälkeen. Tämä voidaan huomata kuvaa 98 ja kuvaa 100 keskenään vertailemalla.

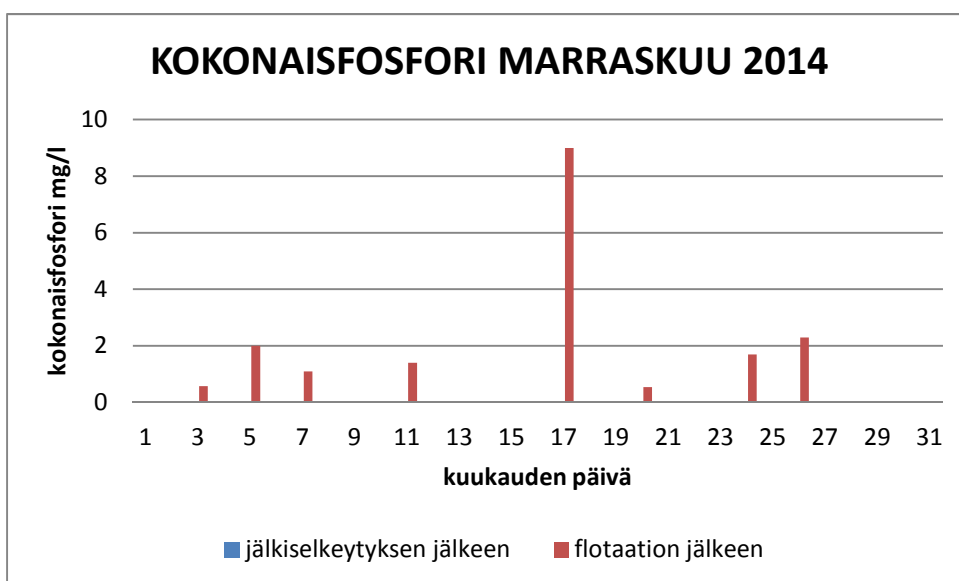
Seuraavaksi tarkasteltiin marraskuun 2014 fosforin mittaustuloksia. Kuvassa 101 on esitetty liukoisen fosforin mittaustulokset, kuvassa 102 sen reduktiot ja kuvassa 103 puhdistamolta vesistöön johdetun veden kokonaisfosforipitoisuudet.



KUVA 101. Liukoisen fosforin mittaustuloksia marraskuussa 2014



KUVA 102. Liukoisen fosforin reduktio (%) marraskuussa 2014



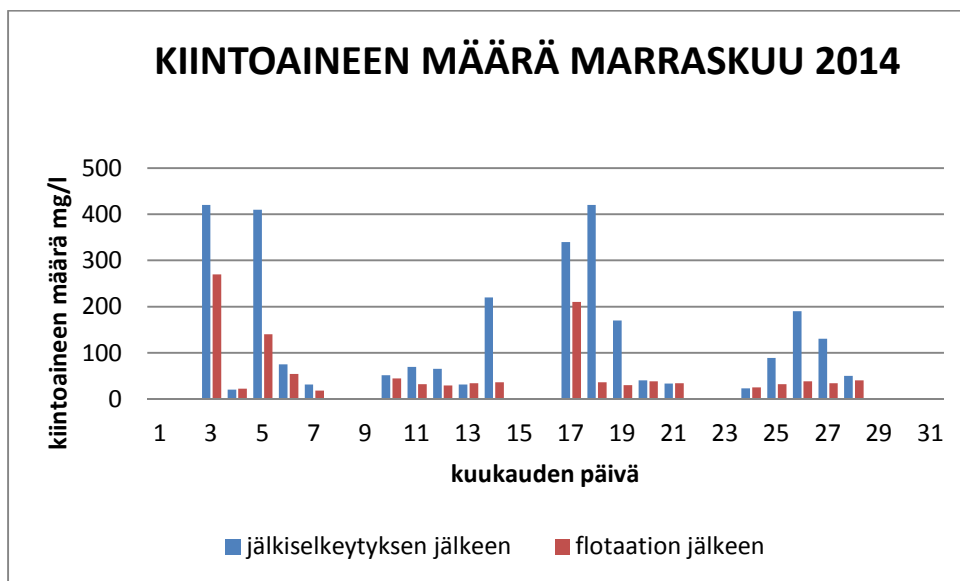
KUVA 103. Kokonaisfosforin mittaustulokset marraskuussa 2014

Marraskuulta liukoisen fosforin vertailtavia mittaustuloksia oli 20 päivältä, joista 17:nä flotaatio poisti vedestä liukoista fosforia (kuva 101). Pienin mittaustulos oli 0,01 mg/l ja suurin puolestaan 0,53 mg/l. Yhtä päivää lukuun ottamatta kaikkina liukoisen fosforin mittaustulokset olivat alle kokonaisfosforille asetetun luparajan 0,4 mg/l. Liukoisen fosforin määrä flotaation jälkeisessä vedessä oli puolestaan

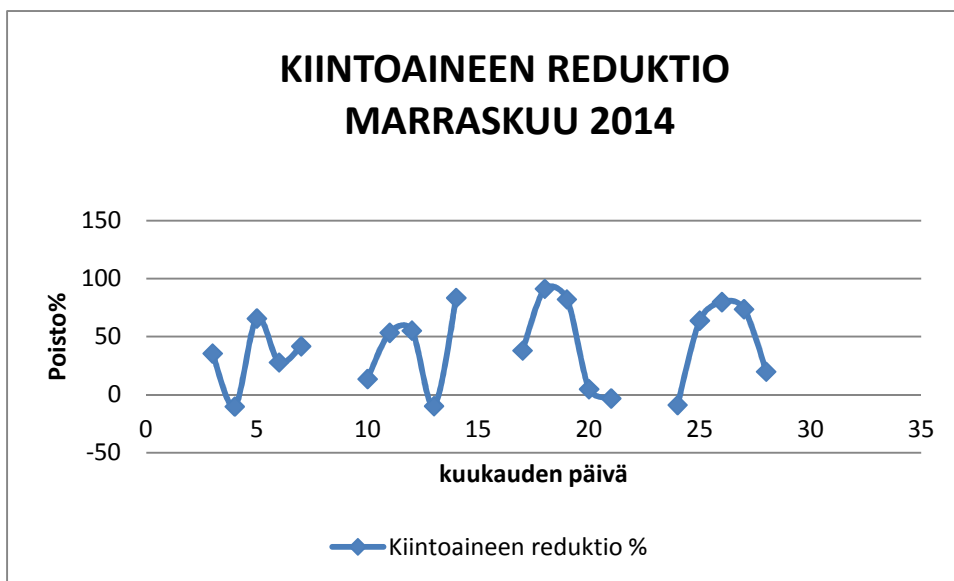
14 päivänä alle kokonaisfosforin tavoitearvon 0,2 mg/l. Liukoisen fosforin reduktio kävi ylimmillään 95 prosentissa, jolloin liukoisen fosforin mittaustulos oli ennen flotaatiota 0,2 mg/l ja flotaation jälkeen 0,01 mg/l (kuva 102). Alimmillaan liukoisen fosforin positiivinen reduktio oli vain noin neljä prosenttia.

Puhdistamolta vesistöön johdetun veden kokonaisfosforin mittaustuloksia oli kuukauden kahdeksalta päivältä ja kaikkina näinä päivinä puhdistamolle asetettu luparaja 0,4 mg/l ylittyi. Kuukauden 17. päivänä kokonaisfosforin mittaustulos flotaation jälkeen oli jopa 9 mg/l, mikä ylittää luparajan 0,4 mg/l yli 20-kertaisesti. (Kuva 103.)

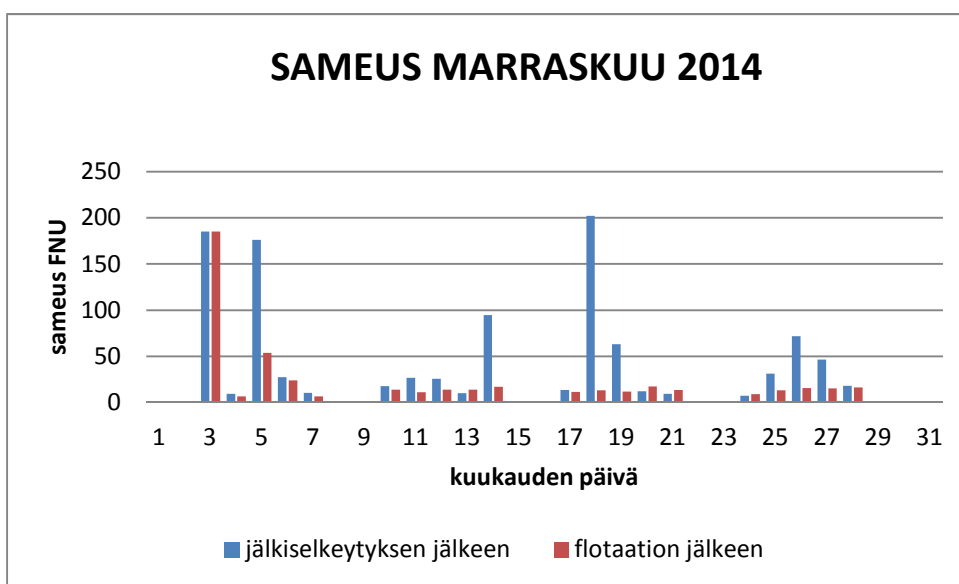
Seuraavaksi tarkasteltiin marraskuun kiintoaineen ja sameuden mittaustuloksia. Kuvassa 104 on esitetty kiintoainemäärät, kuvassa 105 kiintoaineen reduktiot ja kuvassa 106 veden sameudet.



KUVA 104. Kiintoaineen mittaustulokset marraskuussa 2014



KUVA 105. Kiintoaineen reduktio (%) marraskuussa 2014



KUVA 106. Sameuden mittaustulokset marraskuussa 2014

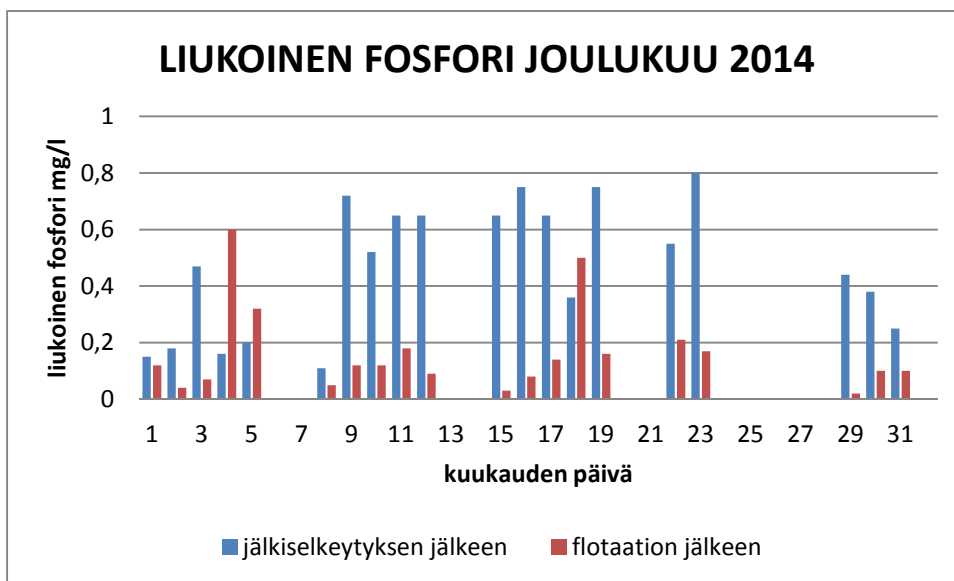
Myös kiintoaineelle vertailtavia mittaustuloksia oli marraskuulta 20 päivälle, joista 16:nä flotaatio poisti kiintoainetta vedestä (kuva 104). Kiintoaineen puhdistustulokset olivat siis pääasiassa positiivisia, mutta silti kiintoaineen määrä flotaation jälkeisessä vedessä ylitti puhdistamolle asetetun luparajan 35 mg/l jopa 10 päivänä. Puhdistustavoite 10 mg/l jäi myös saavuttamatta. Neljänä päivänä jäl-

kiselkeytyksestä flotaatioon tulleessa vedessä kiintoainemäärä oli yli 300 mg/l, eli näinä päivinä flotaatioprosessin maksimikiintoainekuormitus ylittyi. Tällöin puhdistustavoitetta 10 mg/l tai poistoreduktiota 98 prosenttia ei vaadita. Positiivisina puhdistuspäivinä kiintoaineen reduktiot vaihtelivat 5 ja 91 prosentin välillä (kuva 105). Kiintoaineen huonon poistotehon vuoksi haluttuja puhdistustuloksia ei saavutettu marraskuussa.

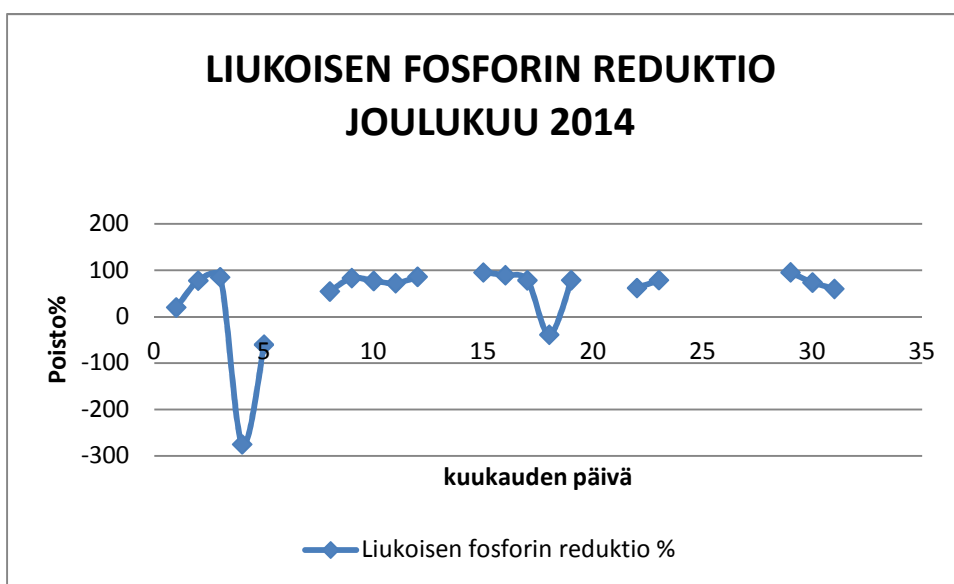
Viitenä kokonaisfosforin luparajan 0,4 mg/l ylittäneenä päivänä kiintoaineen määrä vesistöön johdetussa vedessä ylitti kiintoaineen luparajan 35 mg/l. Kolmena kokonaisfosforin luparajan ylittäneenä päivänä vesistöön johdetun veden kiintoainemäärä oli puolestaan alle luparajan 35 mg/l. Näinä kolmena päivänä liukoisen fosforin pitoisuudet flotaation jälkeisessä vedessä olivat alle 0,2 mg/l, mutta silti kokonaisfosforin luparaja 0,4 mg/l ylittyi todella reippaasti. Kolmena edellä mainittuna päivänä kokonaisfosforipitoisuudet vesistöön johdetussa vedessä olivat 1,1–1,7 mg/l.

Mittaustulosten mukaan veden sameus pieneni flotaatiossa kuukauden 16 päivänä ja kerran veden sameuden mittaustulos oli sama ennen flotaatiota ja flotaation jälkeen (kuva 106). Jälkiselkeytyksestä flotaatioon tulevan veden ollessa kohtalaisen sameaa, voidaan todeta kuvan 106 perusteella flotaation pääsääntöisesti kirkastavan vettä. Tästä on kuitenkin poikkeuksena kuukauden kolmas päivä, jolloin veden sameus flotaatiossa ei muuttunut miksikään.

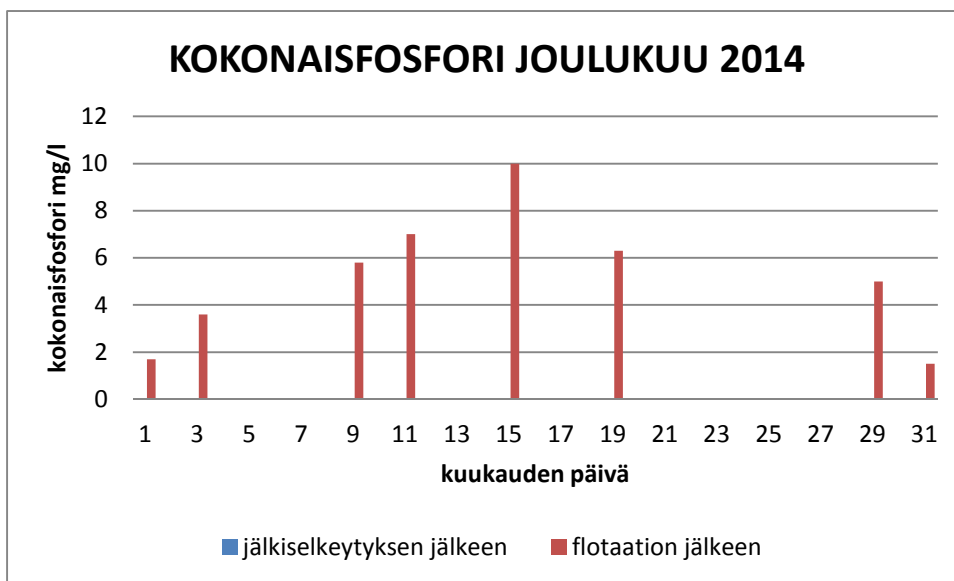
Seuraavaksi vertailtiin joulukuun 2014 fosforin mittaustuloksia. Joulukuu on vuoden ja samalla tämän tutkimuksen viimeinen kuukausi, jonka puhdistustuloksia tutkittiin. Kuvassa 107 on esitetty liukoisen fosforin mittaustulokset, kuvassa 108 sen reduktiot ja kuvassa 109 vesistöön johdetun veden kokonaisfosforipitoisuudet.



KUVA 107. Liukoisen fosforin mittaustuloksia joulukuussa 2014



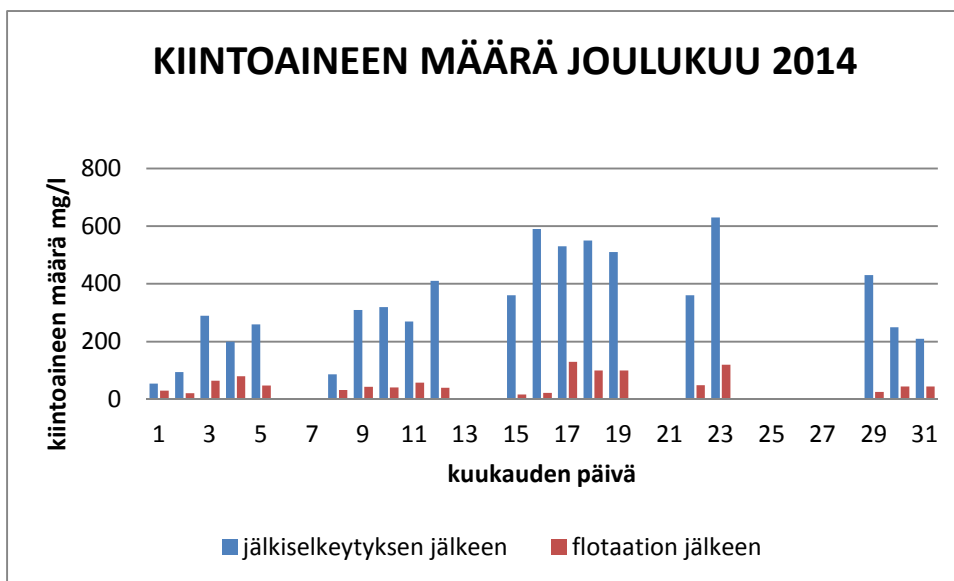
KUVA 108. Liukoisen fosforin reduktio (%) joulukuussa 2014



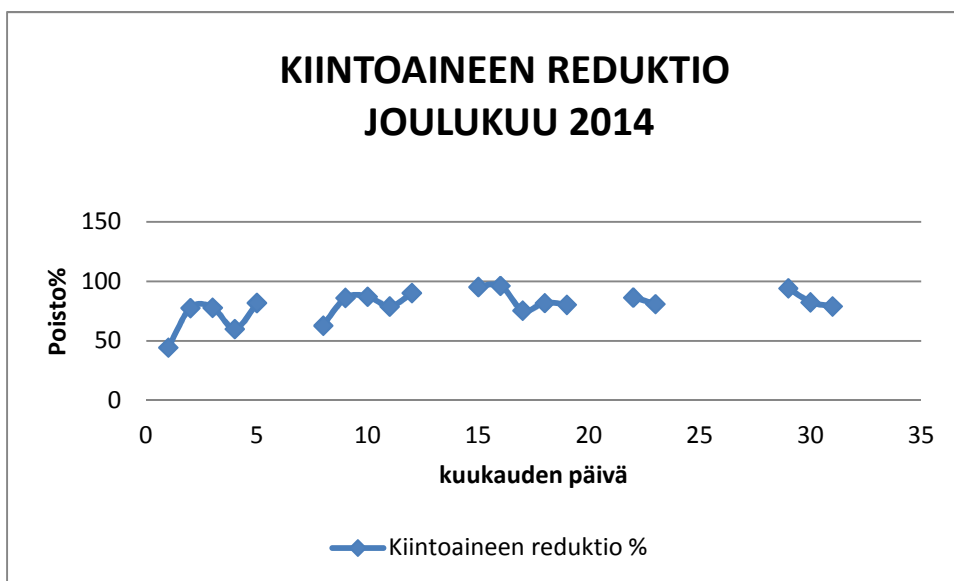
KUVA 109. Kokonaisfosforin mittaustulokset joulukuussa 2014

Joulukuulta liukoisen fosforin vertailtavia mittaustuloksia oli kuukauden 20 päivä, joista 17:nä flotaatio poisti liukoista fosforia vedestä (kuva 107). Kahtena päivänä liukoisen fosforin mittaustulos flotaation jälkeisessä vedessä ylitti kokonaisfosforille asetetun luparajan 0,4 mg/l. Kokonaisfosforin puhdistustavoitteen 0,2 mg/l liukoisen fosforin määrä vedessä puolestaan alitti 16 päivänä. Liukoisen fosforin poistoreduktiot vaihtelivat 20 ja 95 prosentin välillä (kuva 108). Puhdistamolta vesistöön johdetun veden kokonaisfosforin mittaustuloksia oli yhteensä kahdeksalta päivältä ja kaikkina näinä päivinä kokonaisfosforille asetettu luparaja 0,4 mg/l ylittyi (kuva 109). Mittaustulokset olivat 1,5–10 mg/l, joten luparajan voidaan sanoa ylittyneen jopa varsin reippaasti.

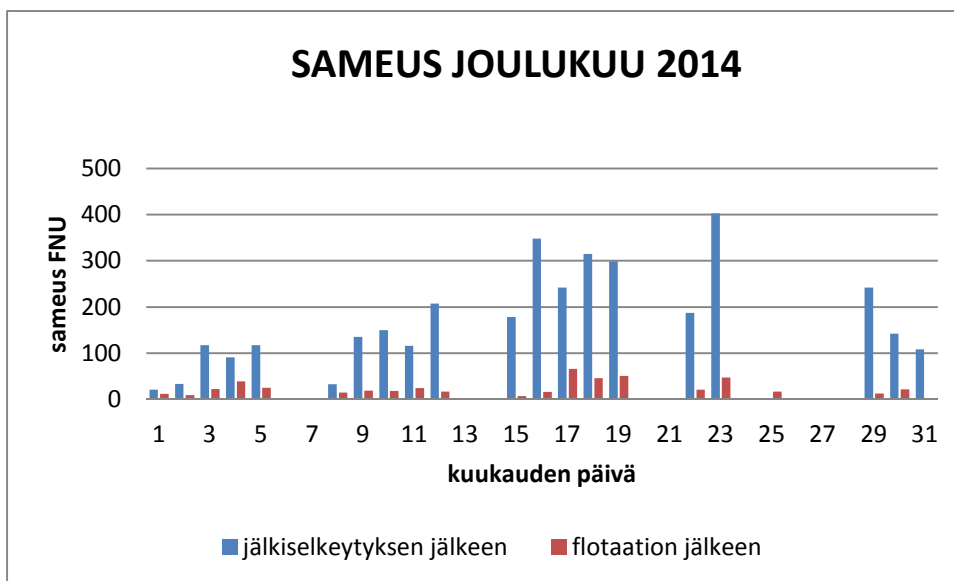
Seuraavaksi tutkittiin joulukuun kiintoaineen ja sameuden mittaustuloksia. Kuvassa 110 on esitetty kiintoaineen mittaustulokset, kuvassa 111 kiintoaineen poistoreduktiot ja kuvassa 112 veden sameudet.



KUVA 110. Kiintoaineen mittaustulokset joulukuussa 2014



KUVA 111. Kiintoaineen reduktio (%) joulukuussa 2014



KUVA 112. Sameuden mittaustulokset joulukuussa 2014

Joulukuulta kiintoaineen vertailtavia mittaustuloksia oli 20 päivältä ja kaikkina näinä päivinä flotaatio poisti kiintoainetta vedestä (kuva 110). Myös veden sameus pieneni flotaatiossa kaikkina vertailupäivinä (kuva 112). Jälkiselkeytyksestä flotaatioon tulleen veden kiintoainemäärä oli jopa 11 päivänä yli flotaatioprosessin maksimikiintoainekuormituksen 300 mg/l. Onneksi flotaatio onnistui poistamaan kiintoainetta vedestä joulukuussa. Puhdistamolle asetettu kiintoaineen luparaja 35 mg/l alittui flotaation jälkeisessä vedessä kuitenkin vain kuutena päivänä. Kiintoaineen puhdistustavoite 10 mg/l jäi kaikkina näinä päivinä saavuttamatta. Kiintoaineen poistoreduktiot vaihtelivat 44 ja 96 prosentin välillä, eli myöskään joulukuussa tavoiteltua 98 prosentin reduktiota ei aivan saavutettu (kuva 111).

Kokonaisfosforin luparajan 0,4 mg/l ylittäneestä kahdeksasta päivästä viitenä vesistöön johdetun veden kiintoainemäärä ylitti kiintoaineen luparajan 35 mg/l. Kokonaisfosforin luparajan ylittäneistä päivistä kolmena kiintoaineen määrä vesistöön johdetussa vedessä jäi alle 35 mg/l. Näinä kolmena päivänä vedessä olleen liukoisen fosforin määrä oli kohtuullisen pieni, mutta silti kokonaisfosforipitoisuudet vesistöön johdetussa vedessä olivat todella korkeita. Vesistöön johdetun veden liukoisen fosforin määrät olivat edellä mainittujen kolmen päivän

kohdalla 0,02–0,12 mg/l. Tällöin kokonaisfosforipitoisuus oli alimmillaan 1,7 mg/l ja korkeimmillaan jopa 10 mg/l.

7.2 Yhteenveto jälkikäsittelylaitoksen puhdistustuloksista

Jälkikäsittelylaitoksen vaikutuksia puhdistamolta vesistöön johdetun veden laatuun tutkittiin yhteensä 14 kuukauden ajalta. Tutkimus aloitettiin jälkikäsittelylaitoksen toiminnan käynnistyttyä marraskuussa 2013 ja tutkimus päätettiin joulukuuhun 2014. Tutkimuksessa vertailtiin keskenään jälkiselkeytyksen jälkeisen veden ja perusprosessin flotaation jälkeisen veden liukoisen fosforin, kiintoaineen sekä sameuden mittaustuloksia. Kokonaisfosforin mittaustuloksia tarkasteltiin vesistöön johdetusta vedestä. Mittaustulosten perusteella laskettiin liukoisen fosforin- sekä kiintoaineen reduktiot.

Liukoisen fosforin vertailtavia mittaustuloksia 14 kuukauden ajalta oli yhteensä 249 päivältä. Näistä päivistä 210 oli puhdistustuloksiltaan positiivisia ja viitenä päivänä mittaustulos oli sama ennen flotaatiota ja flotaation jälkeen. Seitsemänä päivänä liukoisen fosforin reduktio oli tasan 100 prosenttia, eli näinä päivinä flotaatio poisti kaiken liukoisen fosforin jälkiselkeytyksestä tulleesta vedestä. Liukoisen fosforin määrä flotaation jälkeisessä vedessä ylitti kokonaisfosforille asetetun luparajan 0,4 mg/l yhteensä 13 päivänä. Flotaatiolla tavoitellun kokonaisfosforille asetetun puhdistustavoitteen 0,2 mg/l liukoinen fosfori puolestaan alitti 211 päivänä. Puhdistustavoitteen alittaneista 211 päivästä 129:nä liukoisen fosforin määrä flotaation jälkeisessä vedessä oli alle 0,1 mg/l. Mittaustuloksia väliltä 0,2–0,4 mg/l oli kaikki vertailupäivät mukaan lukien yhteensä 25 päivältä. Liukoisen fosforin positiiviset reduktiot vaihtelivat koko tutkimuksen aikana 3,3 ja 100 prosentin välillä ja niiden keskiarvo kuukausittaisten keskiarvojen perusteella laskettuna oli 54,7 prosenttia. Maalis-, touko- ja kesäkuussa flotaatio poisti liukoista fosforia vedestä kaikkina vertailupäivinä.

Liukoisen fosforin pitoisuudet jälkiselkeytyksen jälkeisessä vedessä olivat jakaantuneet 249 vertailupäivän kohdalla siten, että 46 päivänä liukoisen fosforin pitoisuus oli alle 0,1 mg/l, mittaustuloksia väliltä 0,1–0,2 mg/l oli 94 päivältä ja

mittaustuloksia väliltä 0,2–0,4 mg/l oli 70 päivältä. 39 päivänä liukoisen fosforin määrä jälkiselkeytyksen jälkeisessä vedessä ylitti kokonaisfosforin luparajan 0,4 mg/l. Aiemmin kerrottiin liukoisen fosforin määrän flotaation jälkeisessä vedessä ylittäneen kokonaisfosforin luparajan 0,4 mg/l yhteensä 13 päivänä. Ilman perusprosessin flotaatiota liukoisen fosforin määrä vesistöön johdetussa vedessä olisi ollut näiden 13 päivän lisäksi (39–13) 26 päivänä yli kyseisen luparajan.

Kokonaisfosforin mittaustuloksia flotaation jälkeisestä vesistöön johdetusta vedestä oli 14 kuukauden ajalta yhteensä 107 päivältä. Näistä päivistä 78:nä kokonaisfosforin mittaustulos ylitti puhdistamolle asetetun kokonaisfosforin luparajan 0,4 mg/l. Luparajan ylittäneinä päivinä liukoisen fosforin mittaustulokset flotaation jälkeisestä vedestä olivat jakaantuneet siten, että alle 0,1 mg/l mittaustuloksia oli yhteensä 35 päivältä, mittaustuloksia väliltä 0,1–0,2 mg/l oli 27 päivältä ja mittaustuloksia väliltä 0,2–0,4 mg/l oli kuudelta päivältä. Kuutena päivänä liukoisen fosforin pitoisuus flotaation jälkeisessä vedessä ylitti jo itsessään kokonaisfosforin luparajan 0,4 mg/l. Kokonaisfosforin tavoiteltu puhdistustulos 0,2 mg/l saavutettiin vain kahtena päivänä 78:stä tarkastelun alla olleesta päivästä.

Kiintoaineen vertailtavia mittaustuloksia oli yhteensä 223 päivältä. Vertailupäivät olivat vuoden 2014 ajalta eli 12 kuukaudelta. Näistä päivistä 100:na flotaatio poisti kiintoainetta vedestä ja yhdeksänä päivänä mittaustulokset olivat samat ennen flotaatiota ja flotaation jälkeen. Kiintoaineen positiiviset reduktiot vaihtelivat koko vertailujakson aikana 1 ja 96 prosentin välillä ja niiden keskiarvo kuukausittaisten keskiarvojen perusteella laskettuna oli noin 41 prosenttia. Positiivisia reduktioita oli vuonna 2014 yhdeksän kuukauden ajalta. Helmi-, elo- ja syyskuussa flotaatio ei poistanut ollenkaan kiintoainetta vedestä. Tosin helmikuulta oli vain yksi vertailtava mittaustulos jälkikäsitteilylaitoksen teknisten ongelmien vuoksi.

Kiintoaineen vertailupäiviä vuodelta 2014 oli siis 223. Näistä päivistä 73:nä kiintoaineen määrä flotaation jälkeisessä vedessä ylitti puhdistamolle asetetun kiintoaineen luparajan 35 mg/l. Kiintoaineen puhdistustavoitteen 10 mg/l flotaatio saavutti vain 16 päivänä. Jälkiselkeytyksestä flotaatioon tullessa vedessä kiin-

toainemäärä oli yli 35 mg/l puolestaan yhteensä 84 päivänä. Näistä päivistä 52:nä flotaatio poisti kiintoainetta vedestä, mutta vain 19 päivänä kiintoainemäärä putosi alle luparajan 35 mg/l.

Jälkiselkeytyksestä lähteneen veden kiintoaineen mittaustulokset osoittivat myös erittäin mielenkiintoisen asian. Jälkiselkeytyksestä flotaatioon johdetun veden kiintoainemäärä oli nimittäin jopa 62 päivänä alle perusprosessin flotaatiolla tavoitellun puhdistustuloksen 10 mg/l. Edellä mainittiin flotaation saavuttaneen puhdistustuloksen 10 mg/l vain 16 päivänä. Kiintoaineen määrä vesistöön johdetussa vedessä olisi ollut näiden 16 päivän lisäksi (62–16) 46 päivänä alle flotaation puhdistustavoitteen 10 mg/l, jos vesi olisi johdettu näinä päivinä vesistöön suoraan jälkiselkeytyksestä.

Kiintoaineen vertailtavista päivistä 75 päivänä jälkiselkeytyksestä flotaatioon tullessa vedessä kiintoainemäärä oli 10–35 mg/l. Näistä päivistä vain 23:nä flotaatio poisti kiintoainetta vedestä. Puhdistustuloksiltaan negatiivisia päiviä oli siis 53, joista kuutena päivänä veden kiintoainemäärä flotaatioprosessissa nousi yli puhdistamon luparajan 35 mg/l.

Jälkiselkeytyksestä flotaatioon tulleen veden kiintoaineen määrän kerrottiin aiemmin olleen 84 päivänä yli 35 mg/l. Näistä päivistä 33:nä kiintoaineen määrä vedessä oli 35–100 mg/l. Näistä päivistä puolestaan 23:nä flotaatio poisti kiintoainetta vedestä, mutta vain yhdeksänä päivänä näistä flotaation jälkeisen veden kiintoainemäärä oli alle 35 mg/l.

Edellä mainituista 84 päivästä 51:nä flotaatioon tullessa vedessä kiintoainemäärä oli yli 100 mg/l. Näistä päivistä vain kahtena flotaation puhdistustulos oli negatiivinen. Kaikista puhdistustuloksiltaan positiivisista päivistä vain kahdeksana flotaation jälkeisen veden kiintoainemäärä putosi alle luparajan 35 mg/l. Kiintoaineen määrä jälkiselkeytyksen jälkeisessä vedessä ylitti perusprosessin flotaation maksimikiintoainekuormituksen 300 mg/l yhteensä 25 päivänä edellä mainituista 51 päivästä. Maksimikuormituksen ylitykset tapahtuivat maa-

lis-, huhti- touko-, marras- ja joulukuussa. Flotaatioprosessin mitoitusvirtaama $500 \text{ m}^3/\text{h}$ ei kuitenkaan ylittynyt yhtään kertaa tämän tutkimuksen aikana.

Maaliskuussa kuormitus ylittyi neljänä päivänä, jolloin vedessä oleva kiintoainemäärä vaihteli $310\text{--}450 \text{ mg/l}$. Kaikkina näinä päivinä flotaatio poisti kiintoainetta vedestä, mutta luparajan 35 mg/l alle ei kuitenkaan päästy kiintoaineen huonon poistotehon vuoksi. Kiintoaineen reduktiot vaihtelivat tällöin 35 ja 73 prosentin välillä.

Huhtikuussa kiintoaineen kuormitus flotaatioprosessiin ylittyi vain yhtenä päivänä, jolloin kiintoaineen määrä oli 420 mg/l ennen flotaatiota ja 570 mg/l flotaation jälkeen. Kyseisenä päivänä flotaatio ei onnistunut poistamaan kiintoainetta vedestä.

Toukokuussa kiintoaineen kuormitus ylitti mitoituskuormituksen viitenä päivänä, ja kaikkina näinä päivinä flotaatio poisti kiintoainetta vedestä. Kiintoaineen huonon poistotehon vuoksi kiintoaineen reduktiot vaihtelivat kuitenkin vain 4 ja 43 prosentin välillä, joten luparaja 35 mg/l jäi kaikkina viitenä päivänä melko kauaksi.

Marraskuussa flotaation maksimikiintoainekuormitus ylittyi neljänä päivänä. Kaikkina näinä päivinä flotaatio poisti kiintoainetta vedestä. Luparajaa 35 mg/l ei saavutettu, mutta yhtenä päivänä se oli kuitenkin lähellä. Flotaatioon tulleen veden kiintoainemäärä oli kyseisenä päivänä 420 mg/l ja flotaation jälkeisen veden puolestaan 36 mg/l , joten luparajan saavuttaminen jäi vain 1 mg/l päähän. Kiintoaineen reduktioksi saatiin edellä mainittujen arvojen perusteella jopa 91 prosenttia.

Joulukuussa mitoituskuormitus ylittyi jopa 11 päivänä, mutta kaikkina näinä päivinä flotaatio onnistui kuitenkin poistamaan kiintoainetta vedestä. Kolmena päivänä kiintoaineen määrä flotaation jälkeisessä vedessä alitti luparajan 35 mg/l . Näinä kolmena päivänä kiintoaineen reduktiot olivat 94, 95 ja 96 prosenttia, eli koko tutkimuksen parhaimmat kiintoaineen reduktiot osuivat tutkimuksen viimei-

selle kuukaudelle. Muina mitoituksuormituksen ylittäneinä päivinä joulukuussa kiintoaineen reduktiot vaihtelivat 75 ja 90 prosentin välillä.

Edellä mainittiin maksimikiintoainekuormituksen 300 mg/l ylittäneitä päiviä olleen yhteensä 25. Näistä päivistä yhtä lukuun ottamatta kaikkina flotaatio poisti kiintoainetta vedestä. Kiintoaineen määrä flotaation jälkeisessä vedessä putosi kuitenkin vain kolmena päivänä alle luparajan 35 mg/l. Maksimikuormituksen ylittyessä tavoiteltua puhdistustulosta 10 mg/l, luparajaa 35 mg/l eikä reduktiota 98 prosenttia voida vaatia.

Marras- ja joulukuulta 2013 ei ollut vertailuarvoja kiintoaineelle, mutta mittaustuloksia flotaatiosta lähteneelle vedelle löytyi yhteensä 23 päivältä. Näistä päivistä viitenä kiintoaineen määrä ylitti luparajan 35 mg/l. Puhdistustavoitteen 10 mg/l flotaatio saavutti kolmena päivänä. Kiintoaineen mittaustuloksia flotaation jälkeisestä vesistöön johdetusta vedestä oli siis 14 kuukauden ajalta yhteensä 246 päivältä, joista 78:na puhdistamolle asetettu luparaja 35 mg/l ylittyi. Näistä 78 päivästä 23:na kiintoaineen määrä vesistöön johdetussa vedessä oli yli 100 mg/l. Eniten kiintoaineen mittaustuloksia flotaation jälkeisestä vedestä oli väliltä 10–35 mg/l. Tältä väliltä mittaustuloksia löytyi nimittäin 149 päivältä. Puhdistustavoitteen 10 mg/l flotaatio saavutti koko tutkimuksen aikana yhteensä 19 päivänä.

Aiemmin mainittuja kokonaisfosforin mittaustuloksia flotaation jälkeisestä vesistöön johdetusta vedestä oli siis 14 kuukauden ajalta yhteensä 107 päivältä. Näistä päivistä jopa 78:na kokonaisfosforinpitoisuuden kerrottiin ylittäneen puhdistamolle asetetun kokonaisfosforin luparajan 0,4 mg/l. Luparajan ylittäneinä päivinä kiintoaineen mittaustulokset flotaation jälkeisestä vedestä jakaantuivat siten, että mittaustuloksia alle 10 mg/l oli yhteensä kahdelta päivältä, mittaustuloksia väliltä 10–20 mg/l oli 20 päivältä ja mittaustuloksia väliltä 20–35 mg/l oli 21 päivältä. Kokonaisfosforin luparajan ylittäneistä päivistä 34 päivänä kiintoaineen mittaustulokset ylittivät kiintoaineen luparajan 35 mg/l. Kiintoaineen luparajan ylittäneiden päivien joukossa oli 12 päivää, jolloin kiintoaineen määrä vesistöön johdetussa vedessä oli yli 100 mg/l.

Veden sameudelle vertailtavia mittaustuloksia oli yhteensä 229 päivältä. Kaikki vertailtavat mittaustulokset olivat tammikuun 2014 ja joulukuun 2014 väliseltä ajalta. Vertailtavista päivistä 120:nä flotaatioprosessi oli vähentänyt veden sameutta. Veden sameuden- ja kiintoaineen mittaustuloksia keskenään vertailemalla havaittiin, että veden sameus ja kiintoaineen määrä eivät ihan suoraan seuraa toisiaan. Aiemmin kerrottiin flotaation poistaneen kiintoainetta vedestä 100 päivänä 223 vertailtavasta päivästä. Näistä 100 päivästä 90:nä veden sameus oli vähentynyt flotaatiossa. 10 päivänä sameus vedessä oli vastaavasti lisääntynyt. Veden sameus flotaatiossa voi lisääntyä vaikka flotaatio poistaisikin kiintoainetta vedestä ja vastaavasti kohtuullisen kirkkaassa vedessä voi olla kuitenkin kohtalaisen paljon kiintoainetta.

Uusi jälkikäsittelylaitos lisättiin Iisalmen Vuohiniemen jätevedenpuhdistamolle tehostamaan kiintoaineen sekä fosforin poistoa, koska puhdistamon ongelmana oli ollut kiintoaineen karkaaminen vesistöön jälkiselkeytysaltaasta puhdistetun veden mukana. Kiintoaineen karkaamisen vuoksi kokonaisfosforin puhdistustulokset ylittivät kokonaisfosforille asetetut lupa-arvot. Tämän opinnäytetyön pääasiallisena tarkoituksena oli tutkia jälkikäsittelylaitoksen eli perusprosessin flotaation vaikutuksia puhdistamolta vesistöön johdetun veden laatuun. Kaikkien edellä mainittujen 14 kuukauden aikaisten puhdistustulosten perusteella voidaan todeta, että vesistöön johdetun veden kokonaisfosforipitoisuudet ylittivät edelleen kokonaisfosforille asetetun luparajan 0,4 mg/l säännöllisesti. Mittaustulosten perusteella kokonaisfosforipitoisuudet ovat olleet korkeita pääasiassa vesistöön johdetun veden korkeiden kiintoainemäärien vuoksi. Jälkikäsittelylaitos ei ole siis pystynyt poistamaan kiintoainetta vedestä halutulla ja vaaditulla tavalla. Perusprosessin flotaatio voisi kuitenkin poistaa myös liukoista fosforia vedestä vieläkin tehokkaammin.

Kiintoaineen mittaustulosten mukaan flotaatio poisti kiintoainetta vedestä pääasiassa silloin, kun jälkiselkeytyksestä flotaatioon tulleen veden kiintoainemäärä oli yli kiintoaineen luparajan 35 mg/l. Tällöin kiintoaineen poistotehot olivat melko huonoja, joten luparaja jäi suurimmilta osin saavuttamatta. Flotaation puhdis-

tustulokset olivat suurimmilta osin negatiivisia silloin, kun flotaatioon tulleen veden kiintoainemäärä oli 10–35 mg/l. Tällöin flotaatio oli jopa nostanut veden kiintoainemäärän yksittäisinä päivinä yli luparajan 35 mg/l. Flotaatio ei ollut myöskään pystynyt juurikaan poistamaan kiintoainetta vedestä silloin, kun jälkiselkeytyksestä tullut vesi oli ollut todella puhdasta eli alle 10 mg/l. Tällöin flotaatioprosessi oli nostanut pääasiassa veden kiintoainemäärän yli flotaatiolla tavoitellun puhdistustuloksen. Flotaation todettiin puhdistaneen parhaiten likaista vettä, ja vastaavasti puhdasta vettä flotaatio oli pääsääntöisesti sotkenut. Liikaista vettä flotaatio ei kuitenkaan puhdistanut tarpeeksi.

Mittaustulosten perusteella kokonaisfosforin tavoitellun puhdistustuloksen 0,2 mg/l saavuttamiseksi täytyisi vesistöön johdettavan veden kiintoainemäärissä päästä alle 10 mg/l. Näitä 10 mg/l saavuttaneita mittaustuloksia flotaation jälkeisestä vedestä oli kuitenkin vain noin 7,7 prosenttia 246 kiintoaineen mittaustuloksesta. Puhdistamolle asetetun kokonaisfosforin luparajan 0,4 mg/l alittamiseksi täytyisi flotaation jälkeisen veden kiintoainemäärissä puolestaan päästä alle 20 mg/l. Kiintoaineen luparaja on 35 mg/l. Vesistöön johdetun veden kokonaisfosforipitoisuudet ylittivät tutkimuksen aikana varsin usein kokonaisfosforin luparajan 0,4 mg/l silloin, kun vesistöön johdetun veden kiintoainemäärät olivat vain niukasti alle kiintoaineen luparajan.

Edellä mainittujen kokonaisfosforin tavoitearvojen sekä -luparajojen saavuttamiseksi ei kuitenkaan pelkkä kiintoaineen poistaminen riitä vaan flotaatioprosessin on pystyttävä poistamaan vedestä myös liukoista fosforia. Tämän tutkimuksen liukoisen fosforin mittaustulokset osoittivat perusprosessin flotaation pääsääntöisesti poistaneen liukoista fosforia vedestä. Kaikista flotaation jälkeisen veden liukoisen fosforin mittaustuloksista 85 prosenttia pääsi alle kokonaisfosforille asetetun tavoitearvon 0,2 mg/l. Yli puolet kaikista mittaustuloksista oli myös alle 0,1 mg/l. Liukoisen fosforin mittaustuloksista 15 prosenttia ylitti kokonaisfosforin tavoitearvon 0,2 mg/l. Tavoitearvon ylittäneistä mittaustuloksista viisi prosenttia oli myös yli kokonaisfosforin luparajan 0,4 mg/l. Suurimmilta osin liukoisen fosforin määrät flotaation jälkeisessä vedessä olivat kuitenkin kohtuullisen pieniä,

mutta liukoisen fosforin määrä flotaation jälkeisessä vedessä saisi olla mielellään aina alle 0,1 mg/l. Kokonaisfosforin tavoite- että lupa-arvojen saavuttamiseksi suunnitelluilla kiintoainemäärillä, flotaation tulisi poistaa vedestä lähes kaikki liukoinen fosfori.

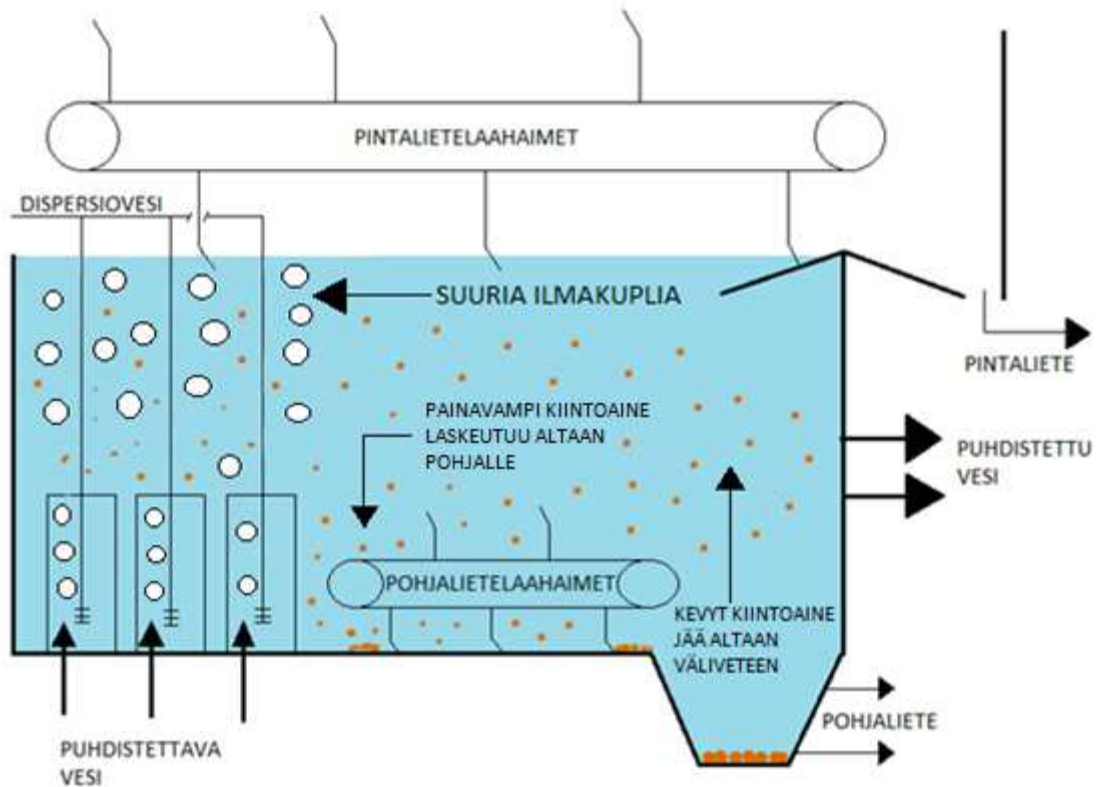
7.3 Puhdistustuloksiin vaikuttaneita tekijöitä

Jälkikäsittelylaitoksen tutkimustulokset osoittivat perusprosessin flotaation poistaneen pääsääntöisesti liukoista fosforia vedestä, mutta kiintoaineen poistamisen kanssa flotaatiolla oli ongelmia. Liukoisen fosforin puhdistustuloksiin vaikuttavana tekijänä on ollut flotaatioprosessiin syötettävän saostuskemikaalin määrä. Liian vähäinen määrä saostuskemikaalia ei saosta tarpeeksi liukoista fosforia vedestä. Kun saostuskemikaalia syötetään riittävästi, liukoinen fosfori saadaan poistettua vedestä. Saostuskemikaalin liiallinen syöttäminen veteen on kuitenkin tarpeetonta ja jopa haitallista. Prosessiin syötetty saostuskemikaali nimittäin saostuu itse kiintoaineeksi lisäten näin puhdistettavan veden kiintoainemäärää entisestään. Liukoisen fosforin puhdistustulokset ovat olleet negatiivisia silloin, kun puhdistettavan veden kiintoaineeseen sitoutunutta fosforia on liennut kiintoaineesta veteen ja samaan aikaan flotaatioon syötetyn saostuskemikaalin määrä on ollut riittämätön. (Keskinen 2015.)

Flotaatioon syötetyn saostuskemikaalin epäoptimaalisen määrän lisäksi jälkikäsittelylaitoksen ongelmana on ollut kiintoaineen poistaminen flotaatioaltaiden pinnalta. Kiintoaineen puhdistustulokset ovat olleet negatiivisia näiden kahden edellä mainitun tekijän vuoksi. Vesistöön johdetun veden kokonaisfosforin määrään on vaikuttanut vedessä ollut liukoisen fosforin pitoisuus sekä vedessä olleeseen kiintoaineeseen sitoutuneen fosforin määrä. Kiintoaineeseen sitoutuneen fosforin määrään on puolestaan vaikuttanut kiintoaineen laatu. Kiintoaineen ollessa lietettä sitoo kiintoaine paljon fosforia itseensä. Tämän vuoksi kokonaisfosforin määrä ei ole välttämättä sama erillisinä päivinä vaikka liukoisen fosforin ja kiintoaineen määrät olisivatkin samoja vertailtavien mittaustulosten kohdalla. (Keskinen 2015.)

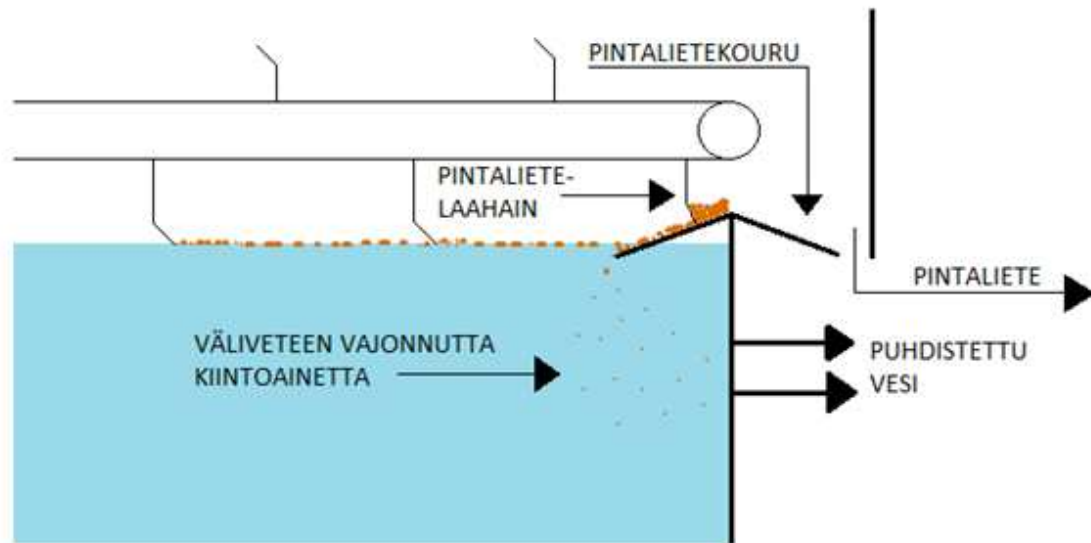
Tämän tutkimuksen aikana Vuohiniemen puhdistamolla työskentelevät henkilöt havaitsivat flotaatioprosessissa muutamia kiintoaineen poistamiseen liittyviä ongelmia, jotka vaikuttivat kiintoaineen puhdistustuloksiin negatiivisesti. Ensimmäinen ongelma havaittiin jo melko pian jälkikäsittelylaitoksen toiminnan käynnistyttyä. Ongelmana oli flotaatioprosessiin johdettavan dispersioveden laatu. Hyvälaatuinen dispersiovesi sisältää mikroilmakuplilla kyllästettyä vettä. Flotaation toiminnan kannalta nimenomaan mikroilmakuplat dispersiovedessä ovat välttämättömiä, jotta puhdistettavassa vedessä olevat kevyemmät kiintoainepartikkelit saadaan nousemaan altaan pinnalle. Perusprosessin flotaatioon johdettu dispersiovesi oli kuitenkin aluksi laadultaan huonoa mikroilmakuplien puuttuessa vedestä. Dispersiovesi sisälsi vain suuria ilmakuplia, joiden avulla puhdistettavassa vedessä olevia kiintoainepartikkeleita ei saatu nousemaan flotaatioaltaan pinnalle (kuva 113). Kevyt kiintoaine jäi siis flotaatioaltaan väliveteen, josta se poistui puhdistetun veden mukana vesistöön. Tämä oli yksi kiintoaineen puhdistustuloksiin negatiivisesti vaikuttanut tekijä. (Keskinen 2015.)

Dispersiovesi oli huonolaatuista dispersiovesilinjan runkoputken veden hitaan virtausnopeuden vuoksi. Tämän vuoksi mikroilmakuplat hävisivät pois vedestä ennen flotaatioaltaissa olevia dispersiovesisuuttimia. Ongelma ratkaistiin lisäämällä veden virtausnopeutta runkoputkessa, vaihtamalla runkoputken putkikokoa pienemmäksi. Tämän lisäksi dispersiovesilinjan runkoputkeen lisättiin kaksi ilmanpoistopönttöä, joiden avulla haitallisen suuret ilmakuplat saadaan poistettua vedestä ennen suuttimia. Näiden kahden edellä mainitun toimenpiteen jälkeen flotaatioon johdettu dispersiovesi on ollut hyvä laatuista. (Keskinen 2015.)



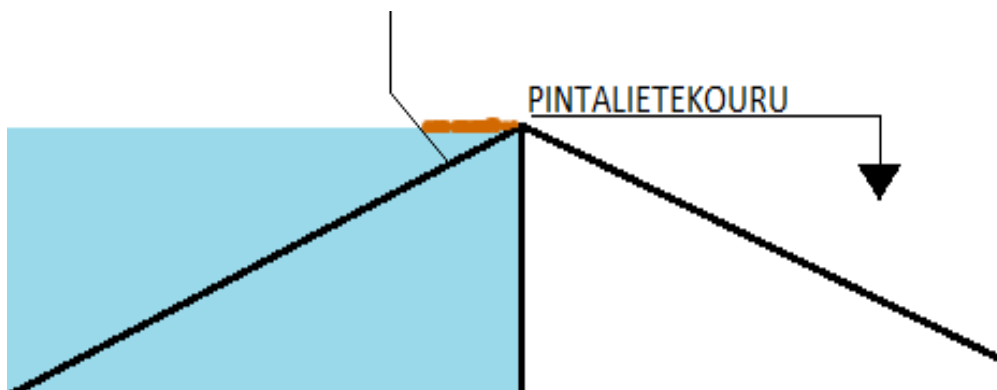
KUVA 113. Havainnollistava kuva huonolaatuisen dispersioveden vaikutuksesta flotaatioprosessiin

Edellä mainituista toimenpiteistä huolimatta flotaation kiintoaineen puhdistustulokset olivat edelleen säännöllisesti negatiivisia. Hyvän dispersioveden ansiosta puhdistettavassa vedessä olevat kevyemmät kiintoainepartikkelit saatiin noustamaan altaiden pinnalle, mutta altaiden pinnalle nousseen kiintoaineen poistamisessa havaittiin ongelma. Flotaatioaltaiden pinnan korkeutta ei säädelty ollenkaan, joten altaiden pinnan korkeus pääsi vaihtelevaan puhdistusprosessiin tulevan veden virtaaman mukaan. Tämän vuoksi flotaatioaltaiden pintalahaimet joutuivat nostamaan hyvin usein altaiden pinnalle noussutta kiintoainetta pitkän matkaa ”ylämäkeen” (kuva 114). Tällöin osa poistettavasta kiintoaineesta pääsi valumaan takaisin altaaseen ja altaan pinnalle valuessaan hajonneet kiintoainepartikkelit vajosivat altaan kirkkaaseen väliveteen huonontaan kiintoaineen puhdistustuloksia. (Keskinen 2015.)



KUVA 114. Havainnollistava kuva perusprosessin flotaatioaltaan pintalietteen epäonnistuneesta poistosta

Flotaatioprosessiin lisättiin flotaatioaltaiden pinnan korkeuden mittaus ja säätö kesällä 2014. Pintojen korkeudet säädettiin siten, että pintalietelaahaimien ei tarvinnut enää nostaa kiintoainetta pintalietekouruun pitkin ”ylämäkeä” (kuva 115).

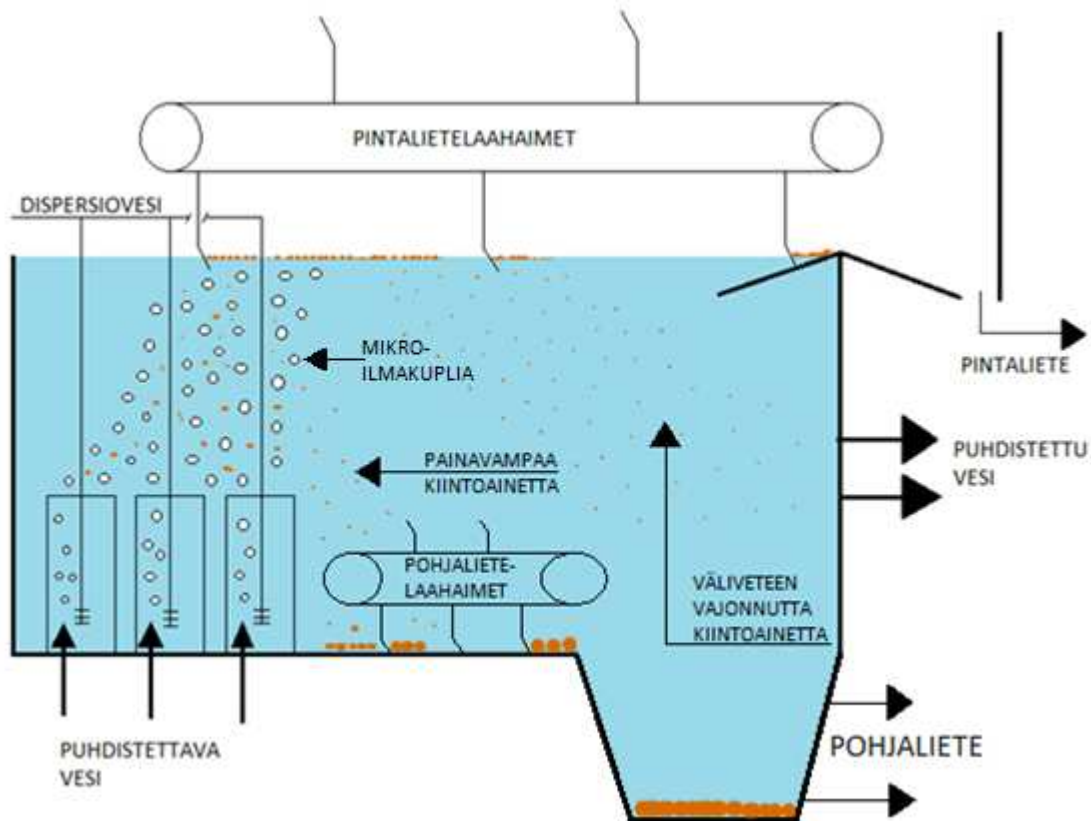


KUVA 115. Kiintoaineen poisto flotaatioaltaan pinnan korkeuden säädön toimissa

Kiintoaineen puhdistustulosten todettiin kuitenkin olevan edelleen säännöllisesti negatiivisia eikä tavoiteltuja reduktioita kiintoaineen osalta saavutettu vielä.

Vuohiniemen puhdistamolla työskentelevät henkilöt havaitsivat syksyllä 2014 flotaation jälkeisen veden automaattisessa näytteenottosysteemissä epäkohdan, jonka epäiltiin vaikuttavan negatiivisesti kiintoaineen mittaustuloksiin. Epäkohtana oli automaattisen näytteenoton sijainti. Näytteenotto sijaitsi flotaation jälkeisessä UV-kanavassa, jonka seinämiin osa flotaatiosta karanneesta kiintoaineesta pääsi tarttumaan. Kiintoainetta havaittiin irtoavan UV-kanavan seinämistä juuri samasta paikasta, mistä automaattinen näytteenottolaitteisto näytteensä otti. Tämän todettiin vääristävän vesistöön johdettavan veden kiintoaineen mittaustuloksia. Vesistöön johdettavan veden näytteenottolaitteisto siirrettiin ottamaan näytteensä yhdyskaivosta, josta puhdistettu vesi johdetaan purkupumppaamoon. Yhdyskaivon todettiin olevan luotettavampi paikka näytteenotolle. (Keskinen 2015.)

Jälkikäsittelylaitoksen flotaatioprosessin jälkeisestä vedestä otetut näytteet ovat olleet syksystä 2014 lähtien entistä luotettavampia ja kiintoaineen poistamista puhdistettavasta vedestä on parannettu edellä mainituilla toimenpiteillä. Silti tämän tutkimuksen loppuvaiheen kiintoaineen puhdistustulokset eivät olleet vielääkään aivan suunnitelmien mukaisia. Kiintoaineen poistamisessa täytyi siis edelleen olla jokin ongelma. Kiintoaine saatiin nousemaan hyvin altaan pinnalle flotaatioaltaan alkupäässä. Loppupäästä allasta pintalietelaahaimet onnistuivat puolestaan poistamaan kevyen kiintoaineen altaan pinnalta pintalietekouruun suunnitelmien mukaisesti. Vuohiniemen puhdistamolla työskentelevät henkilöt havaitsivatkin ongelman olevan altaan pinnalle nousseen kiintoaineen siirtämisessä altaan alkupäästä altaan loppupäähän. Pintalietelaahaimet lähtivät kyllä siirtämään kiintoainetta altaan alkupäästä altaan loppupäähän, mutta mikroilmakuplien vaikutuksen loputtua altaan keskivaiheilla, osa siirrettävästä kiintoaineesta vajosi altaan pinnalta altaan puhtaaseen väliveteen (kuva 116). Välivedestä kiintoaine poistui puhdistetun veden mukana vesistöön. Tämän todettiin vaikuttaneen kiintoaineen puhdistustuloksiin negatiivisesti. Kyseisen ongelman vuoksi kiintoaineen puhdistustulokset ovat olleet pääasiassa negatiivisia silloin, kun flotaatioprosessiin tulleen veden kiintoainemäärät ovat olleet pieniä. (Keskinen 2015.)

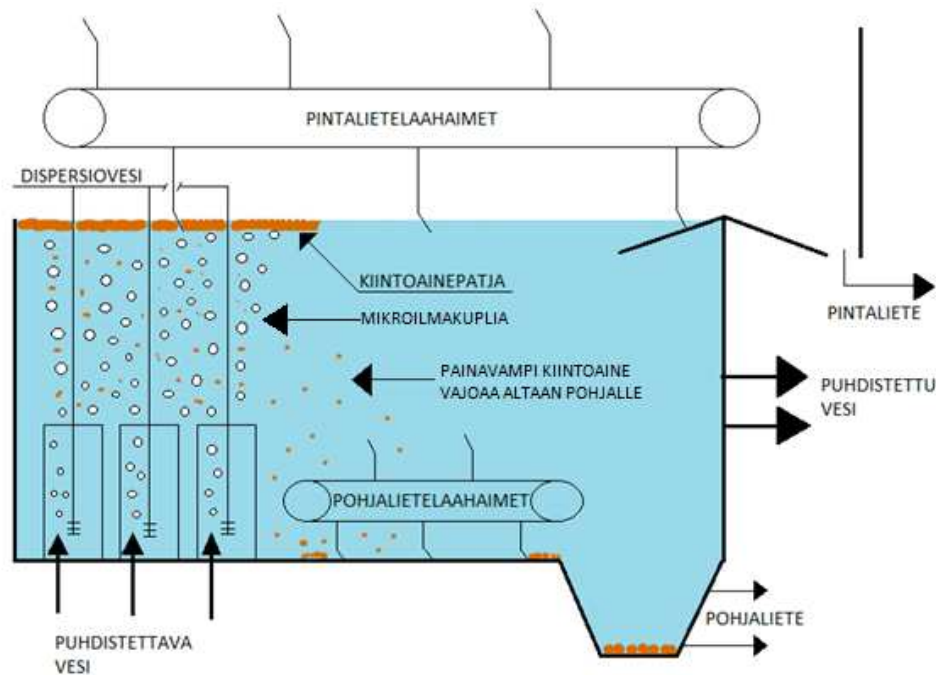


KUVA 116. Havainnollistava kuva kiintoaineen vajoamisesta flotaatioaltaan pinnalta puhtaaseen väliveteen

Edellä mainitun ongelman epäiltiin aiheutuvan pintalietelaahaimien kokoaikaisesti käynnistä, jonka vuoksi flotaatioaltaiden pinnalle ei päässyt kertymään kiintoainekerrosta, johon mikroilmakuplien avulla nousevat kiintoainepartikkelit olisivat päässeet tarttumaan. Tämän epäiltiin olleen syynä kiintoaineen vajoamiseen mikroilmakuplien vaikutuksen loputtua.

Loppuvuodesta 2014 flotaatioprosessiin lisättiin kiintoainemäärän mukaan ohjautut pintalietelaahaimien pysäytykset. Pysäytykset kestävät noin yhdestä kolmeen tuntia. Laahaimien pysäytysten aikana flotaatioaltaiden pinnalle kertyy halutun paksuinen lietepatja, jonka pintalietelaahaimet poistavat pintalietekouruun (kuva 117). Tässä tutkimuksessa jälkikäsittelylaitoksen puhdistustuloksia tarkasteltiin vuoden 2014 loppuun asti, joten pintalietelaahaimien pysäytysten vaikutukset eivät näy vielä tämän opinnäytetyön tutkimustuloksissa. Vuohi-

niemen puhdistamolla työskentelevien henkilöiden mukaan kiintoaineen puhdistustulokset ovat kuitenkin parantuneet alkuvuoden 2015 mittaustulosten perusteella. On todettu, että flotaatioaltaiden pinnalta poistettavasta kiintoainepatjasta ei vajoa kiintoainetta altaan puhtaaseen väliveteen. (Keskinen 2015.)



KUVA 117. Kiintoaineen poistaminen flotaatioaltaasta pintalietelaahaimien pysäytysten ollessa käytössä

Jälkikäsittelylaitoksen kiintoaineen puhdistustuloksiin on vaikuttanut myös jälkiselkeytyksestä perusprosessin flotaatioon tullessa vedessä ollut kiintoainemäärä. Aiemmin kerrottiin tämän tutkimuksen mittaustulosten osoittaneen flotaation poistaneen parhaiten kiintoainetta vedestä silloin, kun puhdistettavan veden kiintoainemäärät ovat olleet korkeita. Likaista vettä flotaatio ei ollut puhdistanut kuitenkaan tarpeeksi. Puhdistettavan veden kiintoainemäärien ollessa puolestaan matalia, flotaatio oli pääsääntöisesti sotkenut vettä. Tällöin kiintoainemäärät flotaation jälkeisessä vedessä jäivät kuitenkin suurimmilta osin alle luparajan. Jälkiselkeytyksestä lähtevän veden korkeisiin kiintoainemääriin on vaikuttanut muun muassa puhdistamolle tulevien jätevesien korkeat biologiset kuormat (BHK₇). Puhdistamon perusprosessi poistaa kiintoainetta vedestä hyvin

biologisen kuorman ollessa alle puhdistamon mitoituskuormituksen. Mitoituskuormituksen ylittyessä jälkiselkeytyksen jälkeisen veden kiintoainemäärät kasvavat. (Keskinen 2015.)

Yhtenä vaikuttavana tekijänä perusprosessin mitoituskuormituksen ylityksiin on ollut puhdistamolle tulevien panimojätevesien korkeat biologiset kuormat. Näiden korkeiden biologisten kuormien vaikutusta puhdistamon perusprosessiin päätettiin vähentää tehostamalla panimojätevesien esikäsittelyä biosuodatetun veden flotaatioprosessilla. Biosuodatetun veden flotaatio on kuitenkin ollut toiminnassa tämän tutkimuksen aikana vain muutaman viikon teknisten ongelmien vuoksi. Toimiessaan biosuodatetun veden flotaation tarkoituksena olisi pudottaa biologinen kuorma sekä kiintoainemäärä puoleen biosuodatetusta vedestä. Näin perusprosessin kuormitus kevenisi ja kiintoainemäärät jälkiselkeytyksestä perusprosessin flotaatioon johdetussa vedessä laskisivat. (Keskinen 2015.)

Kiintoaineen mittaustulokset osoittivat jälkiselkeytyksestä flotaatioon tulleen veden kiintoainemäärien olleen erityisen korkeita marraskuussa 2014. Puhdistamolle tulevien jätevesien biologiset kuormat eivät selittäneet yksistään näitä korkeita kiintoainemääriä. Vuohiniemen puhdistamolla työskentelevät henkilöt etsivät selitystä korkeille kiintoainemäärille puhdistamon sisäisestä prosessista. Todettiin, että puhdistamon sisäinen lietekierto on vaikuttanut jälkiselkeytyksestä lähtevän veden kiintoainemääriin negatiivisesti. Tässä tapauksessa ongelmia oli aiheuttanut sisäinen lietekierto, jossa perusprosessin flotaatioaltaista poistettua pintalietettä oli päätynyt pintalietesäiliön ylivuodon kautta puhdistamon perusprosessiin.

Ongelmana ei ole kuitenkaan ollut perusprosessiin päätynyt pintaliete vaan lieteteeseen sitoutunut polymeeri. Perusprosessiin on päätynyt polymeeriä myös flotaatioaltaista poistetun pohjalietteen mukana. Pohjaliete johdetaan sakeuttamoon, mistä osa polymeeristä päätyy perusprosessiin sakeutusaltaan ylivuodon kautta. Liiallinen määrä polymeeriä perusprosessissa on saanut jälkiselkeytysaltaissa olevan lietteen muodostamaan lietelaattoja, jotka ovat nousseet altaan pinnalle. Altaan pinnalta lietelaatat ovat karanneet lähtevän veden kouruun.

Tämän vuoksi kiintoainemäärät jälkiselkeytyksen jälkeisessä vedessä ovat olleet korkeita marraskuussa 2014. (Keskinen 2015.)

Edellä mainittu ongelma päätettiin poistaa säätelemällä pintalietesäiliön pinnan korkeutta siten, että pintalietettä ei päässyt enää karkaamaan perusprosessiin pintalietesäiliön ylivuodon kautta. Polymeerin määrä jälkiselkeytysaltaissa oli siis edelliskuukautta vähäisempi, mutta silti kiintoainemäärät jälkiselkeytyksen jälkeisessä vedessä olivat entistä korkeampia joulukuussa 2014. Vuohiniemen puhdistamolla työskentelevät henkilöt arvelivat syyn korkeisiin kiintoainemääriin olevan juuri pintalietesäiliön pinnan korkeuden säätelyssä. Automaatiikka lisäsi lietteen pumppausta pintalietesäiliöstä ja vastaavasti vähensi sitä jälkiselkeytysaltaista. Tämän vuoksi lietteen pumppaus jälkiselkeytysaltaista ei ollut riittävä, joten jälkiselkeytysaltaiden pohjalle pääsi kertymään normaalia suurempi määrä lietettä. Tämän lietteen havaittiin nousevan polymeerin vaikutuksen vuoksi altaiden pinnalle ja karkaavan lähtevän veden kouruun. Tämän vuoksi jälkiselkeytyksestä lähtevän veden kiintoainemäärät olivat joulukuussa 2014 todella korkeita. (Keskinen 2015.)

Jälkiselkeytyksen jälkeisen veden kiintoainemäärät päätettiin saada laskemaan lisäämällä puhdistamon lietteen kuivausta sen verran, että lietettä saataisiin poistettua tarvittava määrä sekä pintalietesäiliöstä että jälkiselkeytysaltaiden pohjalta. Tämän lisäksi polymeerin vaikutusta perusprosessiin päätettiin vähentää pienentämällä flotaatioprosessiin syötettävän polymeerin määrää. Edellä mainittujen toimenpiteiden vaikutukset eivät näy tämän opinnäytetyön tutkimustuloksissa. Vuohiniemen puhdistamolla työskentelevien henkilöiden mukaan jälkiselkeytyksen jälkeisen veden kiintoainemäärät ovat kuitenkin laskeneet alhaisemmalle tasolle alkuvuoden 2015 mittaustulosten perusteella.

Kiintoaineen mittaustulokset osoittivat puolestaan jälkiselkeytyksen jälkeisen veden kiintoainemäärien olleen alimmillaan kesällä 2014, jolloin perusprosessin lämpötila on ollut korkeimmillaan. Perusprosessin korkea lämpötila vaikuttaa biologiseen puhdistustehoon parantavasti, koska happi liukenee paremmin lämpimään veteen. Tämä johtaa vilkkaampaan biologiseen mikrobitoimintaan ja

näin ollen perusprosessi pystyy poistamaan enemmän kiintoainetta vedestä. Tämän vuoksi jälkiselkeytyksen jälkeiset kiintoainemäärät ovat olleet pääsääntöisesti hyvin pieniä kesäaikana. (Keskinen 2015.)

Veden sameuteen on vaikuttanut vedessä olevan kiintoainemäärän lisäksi myös flotaatioprosessiin syötettävän saostuskemikaalin määrä. Tämän tutkimuksen aikana flotaatioprosessiin syötettiin pääasiassa nestemäisessä muodossa olevaa kolmiarvoiseen rautaan pohjautuvaa ferrisulfaatti-saostuskemikaalia, joka on kaupalliselta nimeltään Kemira PIX-saostuskemikaali. Rautapohjainen saostuskemikaali värjää veden ruskeaksi. Veden ruskean värin vuoksi sameusmittari antaa veden sameudelle suuremman arvon, mitä veden kiintoainemäärä edellyttää. Veden sameuden arvo voi siis olla suurempi flotaation jälkeen vaikka flotaatio olisikin poistanut kiintoainetta vedestä. (Keskinen 2015.)

7.4 Kemikaalien käytön optimointi

Jälkikäsittelylaitoksen perusprosessin flotaatioon syötettävän saostuskemikaalin määrään vaikuttaa jälkiselkeytyksestä flotaatioprosessiin tulevan veden virtaama sekä kiintoainemäärä. Tämän tutkimuksen aikana flotaatioprosessin saostuskemikaalina on käytetty pääasiassa nestemäisessä muodossa olevaa kolmiarvoiseen rautaan pohjautuvaa ferrisulfaatti-saostuskemikaalia (Kemira PIX-saostuskemikaali). Flotaation toimintaa on kokeiltu pienemmillä ja suuremmilla kemikaalimäärillä, jotta flotaatioprosessiin syötettävän saostuskemikaalin optimaalinen määrä saataisiin selville. Tämän tutkimuksen aikana flotaatioon syötettävän saostuskemikaalin tarkkaa määrää ei löytynyt eli kemikaalin käytön optimointi on vielä kesken. Tutkimustulosten perusteella kuitenkin todettiin, että perusprosessin flotaatioon syötettävän saostuskemikaalin määrän tulee olla aina alle 100 mg/l, riippumatta flotaatioon tulevan veden virtaamasta tai kiintoainemäärästä.

Jälkikäsittelylaitoksella on käytetty siis lähes koko ajan rautapohjaista saostuskemikaalia, mutta lokakuussa 2014 perusprosessin flotaation toimintaa kokeiltiin nestemäisessä muodossa olevalla polyalumiinikloridi-saostuskemikaalilla (Ke-

mira PAX-saostuskemikaali). Kokeilun aikana todettiin, että polyalumiinikloridi-saostuskemikaali ei sovellu käytettäväksi kemikaaliksi, koska perusprosessin biologia ei näyttänyt kestävän alumiinia. (Keskinen 2015.)

Jälkikäsittelylaitoksen perusprosessin flotaatioon syötetään saostuskemikaalin lisäksi polymeeriä. Tämän tutkimuksen aikana myös käytettyä polymeeriä on kokeiltu erilaisilla määrillä optimaalisen määrän löytämiseksi. Polymeerin käytön optimointi on vielä kesken, mutta tutkimustulosten perusteella todettiin, että polymeeriä tullaan käyttämään perusprosessin flotaatiossa hyvin vähän (alle 1 mg/l). Liian suuri määrä polymeeriä aiheuttaa ongelmia puhdistamon perusprosessissa, niin kuin työssä aiemmin kerrottiin. (Keskinen 2015.)

7.5 Jälkikäsittelylaitoksen ajotavat eri kuormitustilanteissa

Vuohiniemen jätevedenpuhdistamon jälkikäsittelylaitoksella on muutamia vaihtoehtoisia ajotapoja, joiden valintaan vaikuttavat jälkiselkeytyksestä flotaatioprosessiin tulevan veden virtaama sekä kiintoainemäärä. Vesi johdetaan normaalisti jälkikäsittelylaitokselle, kun jälkiselkeytyksen jälkeisen veden kiintoainemäärä on yli 20 mg/l. Tällöin veden kiintoainemäärää pudotetaan pienemmäksi, jotta vesistöön johdettavan veden kokonaisfosforin määrä pysyisi sallitun luparajan 0,4 mg/l alapuolella. Jälkikäsittelylaitokselle johdettava vesi ohjataan molempien flotaatioaltainen läpi silloin, kun jälkiselkeytyksestä flotaatioprosessiin tulevan veden virtaama on suuri. Pienemmällä veden virtaamalla molempien flotaatioaltainen käyttäminen ei ole välttämätöntä. Tällöin puhdistettava vesi on mahdollista ajaa myös vain yhden flotaatiolinjan läpi. (Keskinen 2015.)

Jälkiselkeytyksestä perusprosessin flotaatioon johdettavan veden kiintoainemäärän ollessa puolestaan alle 20 mg/l on mahdollista ohittaa jälkikäsittelylaitos kokonaan ja johtaa vesi suoraan vesistöön jälkiselkeytyksestä. Tällöin veden kiintoainemäärä on sen verran pieni, että myös kokonaisfosforin määrän vedessä pitäisi jäädä alle sille asetetun luparajan 0,4 mg/l. Kokonaisfosforin luparajan alittamiseksi puhdistamon perusprosessin on kuitenkin onnistuttava poistamaan liukoista fosforia vedestä tehokkaasti. Käytännössä flotaatioproses-

sin ohittaminen on mahdollista kesäaikana sekä alkusyksystä, jolloin jälkiselkeytyksen jälkeisen veden kiintoainemäärät ovat yhtäjaksoisesti hyvin pieniä. Jälkikäsittelylaitosta ei ole kuitenkaan pakko ohittaa kokonaan, vaan vesi on myös mahdollista johtaa vesistöön jälkikäsittelylaitoksen UV-kanavan kautta. Tällöin puhdistetussa vedessä olevien bakteerien määrää saadaan vähennettyä. (Keskinen 2015.)

Tämän tutkimuksen aikana perusprosessin flotaatiota ei kuitenkaan ohitettu yhtään kertaa jälkikäsittelylaitoksen takuuajojen vuoksi. Jälkikäsittelylaitoksen toimintaa on tarkasteltu ympäri vuoden erilaisissa kuormitustilanteissa. Tarkastelua on tehty jälkikäsittelylaitoksen vaikutusten toteamiseksi, kemikaalien käytön optimoimiseksi sekä mahdollisten ongelmien havaitsemiseksi. Edellä mainittuja ajotapoja on kuitenkin mahdollista soveltaa tulevaisuudessa takuuajojen päätyttyä. (Keskinen 2015.)

7.6 Riskikartoitus ja poikkeamatilanteet

Poikkeamatilanteita jälkikäsittelylaitokselle sekä koko jätevedenpuhdistamolle aiheuttaa esimerkiksi puhdistamolle tulevien jätevesien normaalia suuremmat virtaamat. Jäteveden virtaamat ovat suuria muun muassa sulamisvesikaudella keväällä sekä rankkasateiden sattuessa kesällä ja syksyllä. Puhdistamon mitoitusvirtaaman ylitys vaikuttaa perusprosessin puhdistustehoon negatiivisesti. Tällöin myös jälkikäsittelylaitoksen kuormitus kasvaa puhdistettavan veden virtaaman lisäksi kiintoainemäärän puolesta. Jälkikäsittelylaitoksen mitoitusvirtaaman sekä kiintoaineen maksimikuormituksen ylitykset huonontavat flotaatiosta vesistöön johdettavan veden laatua. (Keskinen 2015.)

Luvussa 7.5 kerrottiin mahdollisuudesta ohittaa jälkikäsittelylaitos kesäisin ja syksyisin jälkiselkeytyksestä lähtevän veden kiintoainemäärien ollessa pieniä. Jälkikäsittelylaitoksen ohittamisessa on kuitenkin omat riskinsä. Rankkasateiden sattuessa puhdistamon perusprosessin mitoitusvirtaaman ylittyminen on mahdollista, minkä vuoksi kiintoaineet voivat päästä karkaamaan jälkiselkeytyksestä puhdistetun veden mukana vesistöön. Tässä tutkimuksessa jälkiselkey-

tyksen jälkeisen veden kiintoainemäärät olivat heinäkuun 2014 alusta alkaen aina lokakuun loppuun 2014 saakka pääsääntöisesti jälkikäsittelylaitoksen ohittamiseen vaaditulla tasolla. Edellä mainitun riskitilanteen toteutuminen on kuitenkin mahdollista, joten jälkikäsittelylaitosta ohitettaessa täytyy ottaa huomioon rankkasateiden aiheuttama riski. (Keskinen 2015.)

Muita jälkikäsittelylaitoksen ja koko puhdistamon toimintaan liittyviä riskejä ovat muun muassa puhdistusprosessissa käytettävien kemikaalien saatavuus sekä mahdolliset tekniset ongelmat laitoksella. Kemikaalin saatavuuteen liittyvänä ongelmana voi olla kemikaalitoimituksen viivästyminen vaikka tarvittava kemikaalimäärä olisi tilattu ajoissa. Teknisistä ongelmista suurin olisi sähkökatko, joita puhdistamolla ei ole kuitenkaan ollut enää vuosikymmeniin. Kemikaalitoimituksen viivästymisellä voisi olla negatiivisia vaikutuksia puhdistusprosessiin ja sähkökatkon sattuessa koko laitos menisi aivan sekaisin. (Keskinen 2015.)

7.7 Jälkikäsittelylaitoksen kokonaisvuosikustannus

Jälkikäsittelylaitoksen kokonaisvuosikustannus koostuu flotaatioprosessissa käytettyjen kemikaalien määristä sekä puhtaan veden- ja sähköön kulutuksesta. Flotaatioprosessiin syötetyn Kemira PIX-saostuskemikaalin määrä vuonna 2014 on laskettu kaavalla 6. (Keskinen 2015.)

$$PIX_{\text{syötetty}} = PIX_{\text{keskm.kulutus}} * q_{\text{puhdistettava vesi}} \quad \text{KAAVA 6}$$

$$PIX_{\text{syötetty}} = 0,1 \text{ kg/m}^3 * 1\,906\,071 \text{ m}^3$$

$$PIX_{\text{syötetty}} = 190\,607 \text{ kg}$$

$$PIX_{\text{syötetty}} = 190,607 \text{ tonnia}$$

$$PIX_{\text{syötetty}} = \text{perusprosessin flotaatioon syötetyn PIX:n määrä vuonna 2014 kg,tonnia}$$

$$PIX_{\text{keskm.kulutus}} = \text{flotaatioon syötetyn PIX:n määrä keskimäärin vuonna 2014 puhdistettavaa vesikuutiota kohden, kg/ m}^3$$

$$q_{\text{puhdistettava vesi}} = \text{puhdistettavan veden kokonaisvirtaama jälkikäsittelylaitoksen läpi vuonna 2014, m}^3$$

Syötetyn saostuskemikaalimäärän perusteella voidaan laskea sen osuus jälkikäsittelylaitoksen kokonaisvuosikustannuksesta. Kaavalla 7 on laskettu käytetyn PIX:n määrä rahassa mitattuna. (Keskinen 2015.)

$$PIX_{kustannus} = PIX_{syötetty} * PIX_{hinta} \quad \text{KAAVA 7}$$

$$PIX_{kustannus} = 190,607 \text{ tonnia} * 156 \text{ €/tonni}$$

$$PIX_{kustannus} = \mathbf{29\,735 \text{ €}}$$

$PIX_{kustannus}$ = syötetyn saostuskemikaalin osuus vuosikustannuksista, €

PIX_{hinta} = saostuskemikaalin hinta laitokselle toimitettuna, €/tonni

Jälkikäsittelylaitokselle on syötetty vuonna 2014 saostuskemikaalin lisäksi polymeeriä. Kaavalla 8 on laskettu polymeerin rahallinen osuus jälkikäsittelylaitoksen kokonaisvuosikustannuksesta. (Keskinen 2015.)

$$Polymeeri_{kustannus} = polymeeri_{käytetty} * polymeeri_{hinta} \quad \text{KAAVA 8}$$

$$Polymeeri_{kustannus} = 1000 \text{ kg} * 3,5 \text{ €/kg}$$

$$Polymeeri_{kustannus} = \mathbf{3500 \text{ €}}$$

$Polymeeri_{kustannus}$ = polymeerin osuus jälkikäsittelylaitoksen kokonaisvuosikustannuksista, €

$polymeeri_{käytetty}$ = perusprosessin flotaatioon syötetty polymeerimäärä vuonna 2014, kg

$polymeeri_{hinta}$ = polymeerin hinta laitokselle toimitettuna, €/kg

Jälkikäsittelylaitoksella käytetään puhdasta vettä polymeeriliuoksen valmistukseen sekä valmistetun liuoksen siirtämiseen. Flotaatioprosessiin syötettävän

polymeeriliuoksen määrä on hyvin pieni, joten puhdasta vettä käytetään polymeerin ”kyytivetenä”. Puhtaalla vedellä nostetaan siis liuoksen virtaamaa polymeeriputkistossa, jolloin polymeeripumpun toimintapiste saadaan paremmalle toiminta-alueelle. Kaavalla 9 on laskettu puhtaan veden osuus jälkikäsittelylaitoksen kokonaisvuosikustannuksista. (Keskinen 2015.)

$$Puhdasvesi_{kustannus} = puhdasvesi_{kulutettu} * puhdasvesi_{hinta} \quad \text{KAAVA 9}$$

$$Puhdasvesi_{kustannus} = 7400 \text{ m}^3 * 0,54 \text{ €/ m}^3$$

$$Puhdasvesi_{kustannus} = \mathbf{3996 \text{ €}}$$

$$Puhdasvesi_{kustannus} = \text{puhtaan veden osuus jälkikäsittelylaitoksen kokonais-
vuosikustannuksista, €}$$

$$puhdasvesi_{kulutettu} = \text{jälkikäsittelylaitoksen käyttämä puhdasvesi vuonna 2014,} \\ \text{m}^3$$

$$puhdasvesi_{hinta} = \text{lisalmen veden maksama hinta puhtaasta vedestä, €/ m}^3$$

Jälkikäsittelylaitoksen kokonaisvuosikustannukset ovat käytetyn sähkön osuutta vaille selvillä. Kaavalla 10 on laskettu jälkikäsittelylaitoksella kulutetun sähköenergian määrä vuonna 2014. (Keskinen 2015.)

$$Sähkö_{kok.kulutus} = Sähkö_{kulutus/vrk} * \text{vuorokausien määrä}_{vuodessa} \quad \text{KAAVA 10}$$

$$Sähkö_{kok.kulutus} = 1000 \text{ kwh/vrk} * 365 \text{ vrk}$$

$$Sähkö_{kok.kulutus} = 365\,000 \text{ kwh}$$

$$Sähkö_{kok.kulutus} = \text{jälkikäsittelylaitoksella käytetyn sähköenergian määrä vuonna} \\ \text{2014, kwh}$$

$$Sähkö_{kulutus/vrk} = \text{mittaukseen perustuva sähkön kulutus jälkikäsittelylaitoksella,} \\ \text{kwh/vrk}$$

$$\text{vuorokausien määrä}_{vuodessa} = \text{vuorokausien määrä vuonna 2014, vrk}$$

Vuodessa kulutetun sähköenergian määrän perusteella voidaan laskea sähkön osuus kokonaisvuosikustannuksista. Kaavalla 11 on laskettu käytetyn sähköenergian rahalliset kustannukset vuonna 2014. (Keskinen 2015.)

$$Sähkö_{kustannus} = Sähkö_{kok.kulutus} * Sähkö_{hinta} \quad \text{KAAVA 11}$$

$$Sähkö_{kustannus} = 365\,000 \text{ kwh} * 0,10 \text{ €/kwh}$$

$$Sähkö_{kustannus} = \mathbf{36\,500 \text{ €}}$$

$$Sähkö_{kustannus} = \text{jälkikäsittelylaitoksella kulutetun sähköenergian kustannukset vuonna 2014, €}$$

$$Sähkö_{hinta} = \text{lisalmen veden maksama hinta sähköenergiasta, €/kwh}$$

Kaikkien edellä laskettujen kustannusten perusteella voidaan laskea jälkikäsittelylaitoksen kokonaisvuosikustannus. Kokonaisvuosikustannus on laskettu kaavalla 12. (Keskinen 2015.)

$$J\text{-käsittelylaitos}_{kok.vuosikust.} = PIX_{kustannus} + Polymeeri_{kustannus} + Puhdasvesi_{kustannus} + Sähkö_{kustannus} \quad \text{KAAVA 12}$$

$$J\text{-käsittelylaitos}_{kok.vuosikust.} = 29\,735 \text{ €} + 3500 \text{ €} + 3996 \text{ €} + 36\,500 \text{ €}$$

$$J\text{-käsittelylaitos}_{kok.vuosikust.} = \mathbf{73\,731 \text{ €}}$$

$$J\text{-käsittelylaitos}_{kok.vuosikust.} = \text{jälkikäsittelylaitoksen kokonaisvuosikustannus, €}$$

Jälkikäsittelylaitoksen kokonaisvuosikustannus on siis laskettu vuoden 2014 tietojen perusteella. Lasketuissa kustannuksissa ei ole otettu huomioon laitoksen kunnossapito- ja huoltokustannuksia, koska vuonna 2014 kyseiset kustannukset kuuluivat jälkikäsittelylaitoksen toimittaneen urakoitsijan taakuuhuoltoihin. Tulevaisuudessa kunnossapito- ja huoltokustannukset lisäävät laitoksen kokonaisvuosikustannuksia.

Kustannuslaskelmissa ei ole myöskään huomioitu lokakuussa 2014 flotaatioon syötetyn Kemira PAX-saostuskemikaalin määrää, koska kysymyksessä oli laitoksen toimittaneen urakoitsijan kemikaalikokeilu. Ilman kyseistä kokeilua flotaatioprosessiin olisi syötetty normaalisti PIX-saostuskemikaalia. Jatkossa kemikaaleja tullaan käyttämään todennäköisesti vähemmän, kuin vuonna 2014. Kemikaalien aiheuttamat kustannukset tulevat jatkossa laskemaan, ellei kemikaalien hinnoissa tapahdu radikaaleja muutoksia. Myös puhtaanveden kustannukset tulevat laskemaan käytettävän polymeerimäärän pienentyessä. Kokonaisvuosikustannuksen ollessa tiedossa voidaan laskea kaavalla 13 kustannus jälkikäsittelylaitoksella käsiteltyä vesikuutiota kohden. (Keskinen 2015.)

$$Kustannus_{\text{käsitelty vesikuutio}} = \frac{J - \text{käsitellylaitoskok.vuosikust.}}{\text{puhdistettava vesi}} \quad \text{KAAVA 13}$$

$$Kustannus_{\text{käsitelty vesikuutio}} = \frac{73\,731 \text{ €}}{1\,906\,071 \text{ m}^3}$$

$$Kustannus_{\text{käsitelty vesikuutio}} = 0,039 \text{ €/m}^3$$

$$Kustannus_{\text{käsitelty vesikuutio}} = 3,9 \text{ snt/ m}^3$$

$$Kustannus_{\text{käsitelty vesikuutio}} = \text{Jälkikäsittelylaitoksen kustannus laitoksella käsiteltyä vesikuutiota kohden, €/m}^3, \text{ snt/ m}^3$$

7.8 Flotaatiolaitteiden käytön tarpeellisuusselvitys

Tässä opinnäytetyössä kerrottiin aiemmin perusprosessin flotaation poistaneen pääsääntöisesti liukoista fosforia vedestä, mutta kiintoaineen poistamisessa flotaatiolla oli ollut ongelmia. Flotaatio oli poistanut kiintoainetta vedestä parhaiten silloin, kun puhdistettavan veden kiintoainemäärä oli ollut korkea (yli 35 mg/l). Puhdistettavan veden kiintoainemäärän ollessa puolestaan matala (alle 35 mg/l) flotaatio oli suurimmilta osin sotkenut vettä.

Tämän tutkimuksen aikana perusprosessin flotaatio ei siis poistanut kiintoainetta vedestä toivotulla tavalla, mutta loppuvuodesta 2014 flotaatioprosessiin tehty-

jen muutosten ansiosta alkuvuoden 2015 kiintoaineen puhdistustulokset ovat olleet edellisvuotta parempia. Mittaustulokset ovat osoittaneet, että flotaatio onnistuu poistamaan kiintoainetta vedestä myös silloin, kun puhdistettavan veden kiintoainemäärä on pieni. Flotaatioprosessin hyviin puhdistustuloksiin on vaikuttanut flotaatioaltaiden pinnoilta onnistuneen kiintoaineen poiston lisäksi myös flotaatioon syötettyjen kemikaalimäärien lähestymien kohti optimaalisia määriä. Tämä tarkoittaa sitä, että jälkikäsittelylaitos tulee olemaan jatkossa puhdistustulosten osalta tarpeellinen ympäri vuoden riippumatta puhdistettavan veden kiintoainemäärästä.

Jälkikäsittelylaitoksen käyttäminen ei ole kuitenkaan välttämätöntä silloin, kun puhdistettavan veden kiintoainemäärä on alle 20 mg/l. Yksittäisten päivien takia jälkikäsittelylaitoksen ohittamista ei kannata harkita, mutta puhdistettavan veden kiintoainemäärien ollessa yhtäjaksoisesti pieniä jälkikäsittelylaitoksen ohittaminen on varteenotettava vaihtoehto. Tämän tutkimuksen mittaustulokset osoittivat jälkiselkeytyksen jälkeisen veden kiintoainemäärien olleen pääsääntöisesti hyvin pieniä heinäkuun 2014 alusta alkaen aina lokakuun loppuun asti. Liukoisen fosforin mittaustulokset jälkiselkeytyksen jälkeisestä vedestä eivät olleet kuitenkaan edellä mainitulla aikavälillä säännöllisesti tarpeeksi pieniä (alle 0,1 mg/l), jotta kokonaisfosforin luparajan 0,4 mg/l alittuminen voitaisiin taata. Tämän tutkimuksen aikaisten mittaustulosten perusteella jälkikäsittelylaitoksen ohittaminen ei siis ole kannattavaa.

Tulevaisuudessa biosuodatetun veden flotaation toimiessa myös jälkiselkeytyksen jälkeisen veden liukoisen fosforin pitoisuudet tulevat kuitenkin olemaan todennäköisesti vuoden 2014 pitoisuuksia pienempiä. Tällöin mahdollisuus jälkikäsittelylaitoksen ohittamiseen olisi olemassa. Kiintoainemäärät jälkiselkeytyksen jälkeisessä vedessä olivat siis tämän tutkimuksen mittaustulosten perusteella yhtäjaksoisesti hyvin pieniä neljän kuukauden ajan. Mikäli myös liukoisen fosforin pitoisuudet tulevat olemaan jatkossa samalla aikavälillä riittävän pieniä ja kokonaisfosforipitoisuudet jäävät alle luparajan 0,4 mg/l, jälkikäsittelylaitos voidaan ohittaa. Tällöin olisi kuitenkin otettava huomioon laitoksen ohittamiseen

liittyvät riskit. Jos jälkikäsittelylaitos tullaan ohittamaan ja tiedossa on vuodessa olevien kuukausien määrä, jolloin laitos ohitetaan, kaavalla 14 voidaan laskea jälkikäsittelylaitoksen käyttöaste.

$$\text{Käyttöaste} = \text{Kuukaudet}_{\text{käytössä}} / \text{Kuukaudet}_{\text{vuodessa}} \quad \text{KAAVA 14}$$

$$\text{Käyttöaste} = (12 \text{ kk} - 4 \text{ kk}) / 12 \text{ kk}$$

$$\text{Käyttöaste} = 8 \text{ kk} / 12 \text{ kk}$$

$$\text{Käyttöaste} = 0,667$$

Käyttöaste = kuukausien määrä, milloin jälkikäsittelylaitosta käytetään vuoden aikana verrattuna vuodessa olevien kuukausien määrään

$\text{Kuukaudet}_{\text{käytössä}}$ = kuukausien määrä, milloin jälkikäsittelylaitosta käytetään vuoden aikana, kk

$\text{Kuukaudet}_{\text{vuodessa}}$ = vuodessa olevien kuukausien määrä, 12 kk

Vuoden 2014 kiintoaineen mittaustulosten perusteella jälkikäsittelylaitoksen tulevaisuuden mahdolliseksi käyttöasteeksi saadaan 0,667. Jälkikäsittelylaitoksen ohittamisella saataisiin pienennettyä laitoksen kokonaisvuosikustannuksia, koska ohituksen aikana jälkikäsittelylaitoksella ei kuluteta ollenkaan kemikaaleja, puhdasta vettä tai sähköä.

Biosuodatetun veden flotaatioprosessin toiminnasta ei ole tutkimustuloksia, koska kyseinen puhdistusprosessi on ollut käytössä vain muutaman viikon koko flotaatiolaitoksen olemassaolon aikana. Biosuodatetun veden flotaation olisi tarkoitus puolittaa biosuodatetun veden kiintoainemäärä sekä biologinen kuorma (BOD_7). Jos biosuodatetun veden flotaatioprosessi tulee toimimaan tulevaisuudessa suunnitelmien mukaan, se tulee olemaan erittäin tarpeellinen puhdistusvaihe koko Vuohiniemen jätevedenpuhdistamon toiminnan kannalta. Toimissaan biosuodatetun veden flotaatioprosessin käyttöasteen tulee olla huoltokatkot pois lukien tasan 1,0.

8 LOPPUSANAT

Iisalmen Vuohiniemen jätevedenpuhdistamolle tulevien jätevesien viime vuosina kasvaneen virtaaman sekä biologisen kuorman (BHK₇) takia puhdistamolla on ollut vaikeuksia saavuttaa sille asetetut tiukentuneet puhdistusvaatimukset. Vuohiniemen puhdistamon ongelmana on ollut kiintoaineen karkaaminen jälkiselkeytyksestä puhdistetun veden mukana vesistöön. Tämän vuoksi myös kokonaisfosforipitoisuudet ovat ylittäneet kokonaisfosforille asetetut lupa-arvot.

Puhdistusvaatimusten saavuttamiseksi Iisalmen jätevedenpuhdistamolle lisättiin uusi jälkikäsittelylaitos tehostamaan kiintoaineen sekä fosforin poistoa. Jälkikäsittelylaitos aloitti toimintansa marraskuussa 2013. Jälkikäsittelyn lisäksi puhdistamolle tulevien panimojätevesien esikäsittelyä tehostettiin uudella puhdistusvaiheella. Molemmat puhdistusprosessit toteutettiin flotaatioon perustuvalla menetelmällä. Yhdessä nämä kaksi edellä mainittua puhdistusprosessia muodostavat uuden flotaatiolaitoksen.

Tämän opinnäytetyön pääasiallisena tarkoituksena oli tutkia uuden jälkikäsittelylaitoksen vaikutukset puhdistamolta vesistöön johdettavan veden laatuun. Panimojätevesien esikäsittelyä tehostavan puhdistusprosessin vaikutuksia ei ollut mahdollista tutkia, koska kyseinen flotaatioprosessi on ollut käytössä vain muutamien viikojen koko flotaatiolaitoksen olemassa olon aikana.

Jälkikäsittelylaitoksen puhdistustuloksia tutkittiin marraskuun 2013 ja joulukuun 2014 väliseltä ajalta. Tutkimuksessa vertailtiin keskenään jälkiselkeytyksen jälkeisen veden ja perusprosessin flotaation jälkeisen veden liukoisen fosforin, kiintoaineen sekä sameuden mittaustuloksia. Kokonaisfosforin mittaustuloksia tarkasteltiin vesistöön johdetusta vedestä. Tutkimustulokset osoittivat perusprosessin flotaation poistaneen pääsääntöisesti liukoista fosforia vedestä, mutta sen puhdistusteho voisi olla vieläkin parempi. Kiintoaineen poistamisen kanssa flotaatiolla oli ongelmia. Flotaation todettiin poistaneen kiintoainetta puhdistettava vedestä parhaiten silloin, kun flotaatioon tulevan veden kiintoainemäärä oli korkea (yli 35 mg/l). Tällöin flotaatio ei ollut kuitenkaan onnistunut poista-

maan tarpeeksi kiintoainetta vedestä. Kiintoaineen mittaustulokset osoittivat puolestaan flotaation pääasiassa sotkeneen vettä silloin, kun puhdistettavan veden kiintoainemäärä oli matala (alle 35 mg/l).

Tämän tutkimuksen aikana flotaation jälkeisen veden kiintoainemäärät olivat hyvin usein yli puhdistamolle asetetun kiintoaineen luparajan 35 mg/l. Tämän vuoksi myös kokonaisfosforipitoisuudet vesistöön johdetussa vedessä ylittivät edelleen säännöllisesti kokonaisfosforin luparajan 0,4 mg/l. Liukoisen fosforin määrä on myös vaikuttanut yksittäisinä päivinä kokonaisfosforin luparajan ylityksiin. Kiintoaineen tavoiteltua poistoreduktiota (98 %) perusprosessin flotaatio ei saavuttanut tutkimuksen aikana yhtään kertaa. Kokonaisfosforin tavoiteltuun puhdistustulokseen 0,2 mg/l flotaatio pääsi vain kahtena päivänä 78:stä tarkastelun alla olleesta päivästä.

Opinnäytetyössä selvitettiin myös jälkikäsittelylaitoksen puhdistustuloksiin vaikuttaneita tekijöitä. Vuohiniemen puhdistamolla työskentelevät henkilöt havaitsivat tämän tutkimuksen aikana flotaatioprosessissa muutamia epäkohtia, joiden todettiin vaikuttaneen kiintoaineen puhdistustuloksiin negatiivisesti. Suurimpana ongelmana flotaatioprosessissa oli kiintoaineen poistaminen flotaatioaltaiden pinnalta. Koko tutkimuksen ajan osa flotaatioaltaiden pinnoilta poistettavasta kiintoaineesta pääsi karkaamaan puhdistetun veden mukana vesistöön. Tämä oli suurin syy kiintoaineen huonoihin puhdistustuloksiin. Puhdistustuloksiin on vaikuttanut myös flotaatioprosessiin syötettyjen kemikaalien annosmäärät, jotka eivät olleet vielä tämän tutkimuksen aikana aivan optimaalisia.

Flotaatioprosessiin tehtiin tämän tutkimuksen aikana muutamaan otteeseen toimenpiteitä, joiden tarkoituksena oli parantaa kiintoaineen poistamista flotaatioaltaista. Viimeisin toimenpide kiintoaineen poistamisen parantamiseksi tehtiin loppuvuodesta 2014. Tämä toimenpide ei ehtinyt vaikuttaa tämän tutkimuksen aikaisiin puhdistustuloksiin. Kyseinen toimenpide on kuitenkin kaikista flotaatioprosessiin tehdyistä toimenpiteistä ensimmäinen, minkä vaikutukset kiintoaineen puhdistustuloksiin ovat olleet selvästi positiivisia.

Tämän tutkimuksen aikana jälkikäsittelylaitos ei siis toiminut aivan suunnitellulla tavalla, mutta alkuvuoden 2015 mittaustulokset ovat osoittaneet perusprosessin flotaation poistavan kiintoainetta vedestä edellisvuotta huomattavasti paremmin. Tästä on myös todisteena jälkikäsittelylaitoksen toimittaneen urakoitsijan maaliskuun 2015 alkupuolella suorittamat takuuajot jälkikäsittelylaitoksella. Maaliskuun 6. päivän mittaustulos kiintoaineen osalta ennen flotaatiota oli 18 mg/l ja mittaustulos flotaation jälkeen vain 3,8 mg/l. Samalta päivältä liukoisen fosforin mittaustulos ennen flotaatiota oli 0,072 mg/l ja flotaation jälkeen 0,032 mg/l. Pienen liukoisen fosfori- sekä kiintoainemäärän ansiosta kyseisen päivän kokonaisfosforipitoisuus vesistöön johdetussa vedessä oli vain 0,11 mg/l. Alkuvuoden hyviin kiintoaineen puhdistustuloksiin on vaikuttanut flotaatioaltaista onnistuneen kiintoaineen poiston lisäksi myös flotaatioprosessiin syötettävien kemikaalien annosmäärien lähestyminen kohti optimaalisia määriä.

Maaliskuussa 2015 jälkikäsittelylaitos alkaa siis vihdoin saavuttamaan sille asetettuja puhdistustavoitteita. Tässä työssä tehdyn flotaatiolaitteiden tarpeellisuusselvityksen mukaan perusprosessin flotaatio tulee olemaan oikein toimiessaan tarpeellinen puhdistusvaihe ympäri vuoden. Jälkikäsittelylaitos on kuitenkin mahdollista ohittaa kesäaikana, jolloin jälkiselkeytyksestä flotaatioon tulevan veden kiintoainemäärät ovat yhtäjaksoisesti pidemmän aikaa alle 20 mg/l. Tällöin vesistöön johdettavan veden kokonaisfosforipitoisuudet jäävät pääsääntöisesti alle sille asetetun luparajan 0,4 mg/l. Jälkikäsittelylaitoksen ohittaminen ei ole kuitenkaan mahdollista, jos liukoisen fosforin määrät jälkiselkeytyksen jälkeisessä vedessä eivät jää alle 0,1 mg/l. Korkea liukoisen fosforin pitoisuus vedessä voi nostaa kokonaisfosforin määrän yli luparajan 0,4 mg/l. Laitoksen ohittamisessa täytyy ottaa myös huomioon rankkasateiden aiheuttamat riskitilanteet. Laitoksen mahdollinen ohittaminen pienentää jälkikäsittelylaitoksen kokonaisvuosikustannuksia.

Tarpeellisuusselvityksen mukaan myös panimojätevesien esikäsittelyä tehostava biosuodatetun veden flotaatioprosessi tulee olemaan jatkossa puhdistamon

toiminnan kannalta erittäin tärkeä. Kyseinen puhdistusprosessi on tarkoitus saada toimimaan niin pian, kuin mahdollista.

Iisalmen Vuohiniemen jätevedenpuhdistamolle tulevien jätevesien virtaamat sekä biologiset kuormat tulevat kuitenkin ennusteiden mukaan kasvamaan tulevina vuosina entisestään, varsinkin panimojätevesien osalta. Puhdistamolle lisätyt flotaatioprosessit eivät pysty takaamaan loputtomiin asti hyviä puhdistustuloksia. Tämän vuoksi Vuohiniemen jätevedenpuhdistamolle ollaankin jo parhailaan suunnittelemassa uutta saneerausta, jotta puhdistamolle asetetut puhdistusvaatimukset voitaisiin saavuttaa myös tulevaisuudessa.

LÄHTEET

D1(2007). 2007. Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. Määräykset ja ohjeet 2007. D1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto. Saatavissa: http://www.finlex.fi/data/normit/28208-D1_2007.pdf.

Hietanen, Anna 2012. Flotaation käyttöönotto Orivedellä Tähtiniemen jätevedenpuhdistamossa. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu. Paperi-, tekstiili- ja kemiantekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Hiltunen, Santtu 2014. Asentaja, Iisalmen Vesi. Keskustelu 30.6.2014.

Iisalmen jätevedenpuhdistamon kehittämissuunnitelma. 2012. Savonlinna: Ramboll.

Kemira. Saatavissa: <http://www.kemira.com/fi/sivut/default.aspx>. Hakupäivä 8.10.2014.

Keskinen, Seppo 2014. Käyttötekniikka, Iisalmen Vesi. Keskustelu 16.6.2014.

Keskinen, Seppo 2015. Käyttötekniikka, Iisalmen Vesi. Keskustelu 27.3.2015.

Mikrobi. 2014. Wikipedia. Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Mikrobi>. Hakupäivä 21.10.2014

Paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT) – Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamot. 2014. Suomen ympäristö 3/2014. Helsinki: Ympäristöministeriö.

RIL 237-2-2010 Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Mitoitus ja suunnittelu. 2010. Helsinki: RIL

Rytkönen, Miia 2012. Kiintoaineen poiston tehostaminen kiekkosuodatuksella Iisalmen jätevedenpuhdistamolla. Kuopio: Savonia ammattikorkeakoulu. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Rytkönen, Miia 2014. Puhdistamon hoitaja, Iisalmen Vesi. Keskustelu
23.6.2014.

Veden käsittelyn käsikirja. 1991. Helsinki: Kemira.

Vesikirja. 1988. Helsinki: Insinööritoimisto Kaiko Oy.

LÄHTÖTIETOMUISTIO

Työn tiedot	Tekijä ¹ Sami Jauhainen	Tilaja ² Iisalmen Vesi Liikelaitos
Tilajan yhteyshenkilö ja yhteystiedot ³ Käytöntechnikko Seppo Keskinen 040 588 9039 Iisalmen Vesi Liikelaitos Pohjolankatu 14 74100 Iisalmi		
Työn nimi ⁴ Vuohiniemen jätevedenpuhdistamon jälkikäsittelyprosessi		
Työn kuvaus ⁵ Tavoitteena on saada laadituksi dokumentit jälkikäsittelylaitoksen (flotaatiolaitos) erilaisista ajotavoista ja erilaisissa kuormitusolanteissa. Laitteistot käsittävät kaksi erillistä flotaatiolaitosta. Toinen laitos on lähtevän jäteveden jälkikäsittely ja toinen laitteisto on biosuodatetun veden flotaatiolaitteisto. Varsinaisen laitoksen operointi tapahtuu puhdistamon hoitajan ja koneen hoitajan kanssa yhteistyössä. Työ on pääasiassa kirjallinen osuus selvityksistä ja painottuu jälkikäsittelyn osuuteen. Työssä perehdytään myös puhdistamon perusprosessiin ja viemärilaitteiston mitoittamiseen.		
Työn tavoitteet ⁶ Vuohiniemen jätevedenpuhdistamon jälkikäsittelyprosessin ajotapojen oikeaoppinen käyttö, Kemikalointien optimointi ja määrittäminen, ajoparametrien määrittäminen eri ajotilanteissa, erillisten laitteistojen rinnakkaiskäytön tarpeellisuus-selvitys ja laitteiden käyttöasteiden ratkaiseminen, jälkikäsittelyprosessin vaikutukset puhdistustulokseen, puhdistamon perusprosessiin ja viemärilaitteiston mitoitusperusteisiin perehtyminen.		
Tavoiteakatsaus ⁷ Puhdistamon perusprosessiin tutustuminen sekä jälkikäsittelylaitoksen toimintaan liittyvät mittaukset ja selvitykset 31.8.2014 mennessä. Viemärilaitteiston mitoitusperusteisiin perehtyminen 15.10.2014 mennessä. Selvitys jälkikäsittelylaitoksen vaikutuksista puhdistustulokseen 30.11.2014 mennessä. Lopullinen opinnäytetyö 15.12.2014 mennessä (alustava).		
Päiväys ja allekirjoitus ⁸ <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> 30.5.2014 Tekijän allekirjoitus <i>Sami Jauhainen</i> </div> <div style="width: 45%;"> 30.5.2014 Tilajan allekirjoitus <i>Samu M.</i> </div> </div>		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Tekijän nimi, puhelinnumero ja sähköpostiosoite. 2. Työn teettävän yrityksen virallinen nimi. 3. Sen henkilön nimi ja yhteystiedot, joka yrityksessä valvoo työn suoritusta. 4. Työn nimi voi olla tässä vaiheessa työnimi, jota myöhemmin tarkennetaan. 5. Työ kuvataan lyhyesti. Siinä esitetään muun muassa työn laatu, lähtökannat ja työssä ratkaistavat ongelmat. 6. Esitetään projektin tavoiteakatsaukset. Silloin, kun työssä on välitavoitteita, myös ne merkitään aikatauluun. Tavoiteakatsaukseen ja oppilaitoksen yleisakatsaukseen perusteella tekijä laatii oman aikataulunsa. 8. Lähtötielomasto päivätään ja sen allekirjoittavat tekijä ja tilajan yhteyshenkilö. 		

